Guido Schreiber.

Das technische Zeichnen.

Projektionslehre.

Die sich hier anschließende Spezielle darstellende Geometrie im Umfange von 35 Bogen ist ebenfalls bereits erschienen und zum Preise von 2 1/6 Thlrn. = 3 Fl. 54 Xr. rh. zu beziehen.

Das technische Zeichnen.

Praktische Anleitung

für

Architekten, Techniker, Mechaniker und Bauhandwerker,

insbesondere

für Bau- und Gewerbschulen.

Bearbeitet

von

Guido Schreiber,

vormaligem öffentlichen Lehrer der Mathematik an der Polytechnischen Schule zu Karlsruhe und Vorstand der Kommission für das Gewerbschulwesen im Großherzogthum Baden.

Zweiter Theil

oder

Zweite Klasse: Projektives Zeichnen.

Erste Abtheilung:

Darstellender Theil (Projektionslehre).

Mit zahlreichen Holzschnitt-Illustrationen, Titelbildern u. s. w.

Leipzig.

Verlag von Otto Spamer.

1865.



Schreiber, Projectives Zeichnen.
(Titelbild.)

Leipzig: Verlag von Otto Spamer.

Die Projektionslehre.

Für

Techniker, Mechaniker und Bauhandwerker,

insbesondere

für Gewerb- und Realschulen.

Bearbeitet

von

Guido Schreiber,

vormaligem öffentlichen Lehrer der Mathematik an der Polytechnischen Schule zu Karlsruhe und Vorstand der Kommission für das Gewerbschulwesen im Großherzogthum Baden.

Mit 85 in den Text gedruckten Abbildungen, nach Zeichnungen des Verfassers.

Leipzig.

Verlag von Otto Spamer.

1865.

Inhalts-Uebersicht.

Berichtigung:

Seite 11 Zeile 14 lies Absicht statt Ansicht.

Einleitung.

Die zweite Klasse unserer Schüler beschäftigt sich mit dem projektiven Zeichnen in verschiedenen technischen und artistischen Beziehungen.

In dem ersten oder darstellenden Theil entwickeln wir die Lehre von den Projektionen, und leiten daraus die Grundbegriffe ab von graphischer Darstellung überhaupt.

Unsere Ausgangspunkte nehmen wir von Gesetzen des physischen Sehens und werden hierdurch zur Darstellung der perspektivischen Projektionsart hingeleitet.

Diese selbst verfolgen wir nicht über die ersten Sätze hinaus, welche jedoch dem Schüler zur vollen Klarheit gebracht werden sollen, weshalb nicht unterlassen werden darf, die Uebungen, wovon Seite 7 die Rede, hier schon warm zu empfehlen. Denn darauf kommt viel an, daß Anfänger die optischen Wirkungen der drei Projektionsarten wohl fassen und sondern.

Das Anwenden der perspektivischen Projektion zu malerischen Zwecken lehren wir, nebst Verwandtem, in der dritten Abtheilung dieser Klasse.

Gelegentlich einiger Demonstrationen bedienen wir uns gleich anfänglich der schrägen Projektion, deren Grundsätze und Anwendung wir lehren.

Als umfänglichster Gegenstand der ersten Abtheilung erscheint die Anwendung der geraden Projektion zum Darstellen verschiedener körperlicher Formen, welche wir der Geometrie, der Architektur, der Maschinistik u. s. w. entlehnen.

Wir empfehlen dabei den Gebrauch von Modellen oder von Mustern jener Körper, deren Darstellung gefordert wird, und bezeichnen es als einen der Grundsätze unserer Lehrmethode, erst an vorangeschrittene Eleven die Forderung zu stellen, daß sie die Projektionen von körperlichen Formen entwerfen sollen, welche sie nicht wirklich vor Augen haben. Andern Falls wird man der Gefahr kaum entgehen, den Schüler an unselbständiges Arbeiten zu gewöhnen.

Ihrer Fassung nach sollte diese erste Abtheilung den Bedürfnissen von Zeichnern gerecht sein, welche ihre Schulstudien mit der Absolution einer Gewerbschule, eines Realgymnasiums oder einer ähnlichen Anstalt beschließen.

Was wir darin vorgetragen, ward auch zu begründen gesucht, weil dies unerläßlich erscheint; allein wir legten das Gewicht nicht so sehr auf die bündige Form unserer Beweisgründe, als vielmehr auf deren Anschaulichkeit. Denn die Vorstellungskraft in Bezug auf räumliche Gegenstände und Verhältnisse soll durch unsern Unterricht nicht minder gebildet werden als die Hand des Lernenden.

Einen ähnlichen Weg hat ja auch die Entwicklung der zeichnenden Kunst überhaupt genommen. — Schon das Vorhandensein einer Architektur in irgend einem Zeitabschnitte verbürgt das Mitbestehen einer gewissen Zeichnungsart; allein Jahrtausende lang hat man gebaut und gezeichnet, ohne eine richtige Theorie des Zeichnens zu kennen. Nun vermögen wir allerdings nicht mehr zu sagen, welche Kenntnisse im Zeichnen die Architekten dieses oder jenes altgriechischen Denkmales besessen haben, doch ist anzunehmen, daß diese Kenntnisse kaum so weit gingen, als bei unsern mittelalterlichen Meistern, und diesen, das wissen wir, mußte unter anderem ein „Grundriß", oder wenn man will, ein geometrisches Schema schon genügen zur Ausführung ihrer kühnen und kunstreichen Rippengewölbe: sie reichten

mit diesem dürftigen Hülfsmittel aus, weil ihre Anschauungskraft hierzu in hohem Grade gebildet gewesen. Aber nur vermittelst dieser geistigen Fähigkeit wird man als Techniker oder Zeichner Tüchtiges ausrichten.

Es wird nicht zu verkennen sein, daß hiermit überhaupt eine höhere geistige Bedeutung der Zeichenkunst ihren Anfang nimmt. Denn erstlich wird eine entwickelte Seelenkraft nicht leicht ohne Rückwirkung bleiben auf verwandtes intellektuelles Vermögen. Sodann aber muß, in unserem Falle, das Darstellen körperlicher oder räumlicher Formen nach sichern zeichnerischen Vorschriften dahin führen, das Wesen dieser Formen selber zu erkennen, die Gesetze ihrer Bildung, ihres Entstehens; und da hier alles mit innerer Nothwendigkeit auf einander und aus einander folgt, sollte daneben das regellos Willkürliche nicht befremdlich erscheinen, abstoßend, mit einem Worte u n s c h ö n?

Wo aber einmal das Gebiet ästhetischer Wahrnehmung betreten ist, wird dem sehkräftig gewordenen Auge der Gesichtskreis sich rasch erweitern, es selbst an die Gränzen des rein Sittlichen und somit wieder an befreundetes Land führen.

Sollte durch das Gesagte die Bildung der Vorstellungs- und Anschauungskraft des Schülers in unserer ersten Abtheilung der zweiten Klasse als wesentlicher Zweck des Unterrichtes hervorgehoben werden, so ist damit auch unser Beweggrund dazu angezeigt. Denn gestatten die Verhältnisse des Eleven nicht ein weiteres Fortsetzen seiner Schulstudien, so hat er immerhin etwas erlernt, das ihn, wenn auch nicht zum Meister im Fache, so doch zum brauchbaren „Gesellen" zu machen geeignet ist, und ein gewisses Ganzes, Gerundetes soll durch angemessenen Unterricht stets angestrebt werden. Solch eine Art von Abschluß haben wir auch auf jeder Stufe unseres Lehrganges zu erreichen gesucht.

Jenes Lehrgebäude, welches man d a r s t e l l e n d e G e o m e t r i e (géométrie descriptive) genannt hat, umfaßt in wissenschaftlicher Form und Darstellung das Gleiche, wovon so eben gesprochen worden: die Beschreibung geometrischer Formbildungen, die Untersuchung ihres Entstehens, ihrer Eigenthümlichkeiten und ihres gegenseitigen

Verhaltens; die Art ihrer graphischen Darstellung vermittelst der Projektionen, so wie die Lösung von Aufgaben, welche aus der Wechselwirkung dieser Formen und Beziehungen hervorgehen.

Indem wir die Schüler unserer zweiten Abtheilung der zweiten Klasse einführen in diese Wissenschaft des Raumes, in diesen Grundbau aller zeichnerischen Kenntnisse, dürfen wir uns getrösten, daß dies mit ausgiebiger Vorbereitung geschehe und ein Beginnen über ihre Kräfte ihnen nicht zugemuthet werde. Denn man darf nicht verkennen, wie die darstellende Geometrie wohl der gemeinnützlichste, aber auch der schwierigste Theil der höheren Geometrie überhaupt ist. Beim Vortrage derselben ist eine methodische Behandlungsweise geboten, welche, von den möglichst allgemeinen Gesichtspunkten ausgehend, die entwickelten Gesetze bis zur Gränze ihrer Gültigkeit verfolgt, was alles nicht darnach angethan erscheint, das Schwierige dieses Studiums zu mindern.

Nach dem vorstehend Angeführten wird man den Fehlgriff derjenigen bemessen, welche das projektive Zeichnen sogleich mit der reinen darstellenden Geometrie beginnen wollen, oder welche diese Doktrin, in übel berathener Nachahmung der französischen Schule, als etwas Getrenntes, sich selbst Genügendes vortragen. Dies letzte ist noch unzuträglicher, weil man durch solches Losschälen des Einzelnen von allem Verwandten und Bezüglichen eine Totalität der Bildung zu erreichen nicht hoffen darf, und man doch den Paulinischen Ausspruch vom Stückwerke unseres Wissens hier nicht etwa als wissenschaftlicher Pharisäer wird anwenden wollen.

Zweite Klasse.

Projektives Zeichnen.

Erster oder darstellender Theil.

(Projektionslehre.)

Wie Bilder überhaupt auf unser Vorstellungsvermögen wirken.

1. Wo es sich darum handelt, körperliche Formen durch Zeichnung in ganz bestimmter Weise zu veranschaulichen oder darzustellen, kann dies nie unmittelbar und ohne Weiteres geschehen, schon darum nicht, weil die Zeichnung lediglich zum Gesichtssinne spricht und weil unser Auge überhaupt keine Formen sieht, sondern allein Farben und Umrisse, mit andern Worten Bilder. Zwar ist es richtig, daß wir von manchen, ja von vielen Gegenständen die Form oder die Gestalt alsogleich erkennen, sobald unser Auge auf sie gerichtet worden; wir erblicken z. B. eine Kugel und wissen auch alsobald, welcher Art ihre Rundung sei, weil uns nämlich die Erfahrung schon darüber belehrt hat.

Träte uns aber einmal ein Gegenstand vor Augen, von welchem wir niemals etwas gesehen noch gehört, dann würden nothwendig die vier übrigen Sinneswerkzeuge jenem ersten zu Hülfe kommen müssen, um unserm Fassungsvermögen die eigentliche Gestalt und übrige Beschaffenheit des unbekannten Gegenstandes zu übermitteln.

2. Ist nun dieser letzte Fall sicherlich den ganz seltenen beizuzählen, so wird dafür um so häufiger jener andere vorkommen, daß wir nur den Gesichtssinn anwenden können, um die bestimmtere Gestalt wie die Stellung der Theile eines Gegenstandes wahrzunehmen, welcher im Ganzen uns nicht fremd erscheint.

Angenommen, wir ständen vor einem Werke der Baukunst, dasselbe im Ganzen wie in den einzelnen Theilen und Formbildungen genau zu betrachten.

Hier werden wir veranlaßt sein, bei manchen Stellen den Standort einigemal zu ändern, um die eigentliche Gestalt gewisser Theile, ihr Vor- und Zurücktreten richtig zu erkennen, weil entweder die Beleuchtung uns täuscht, oder auch, weil die scheinbaren Verkürzungen uns darüber im Zweifel lassen könnten. Mit andern Worten: wir werden verschiedene Ansichten zu gewinnen suchen, um aus ihrem Zusammenwirken eine unverfälschte Vorstellung der betrachteten Formen zu gewinnen.

Diese Erfahrung belehrt den Zeichner, wie er seinerseits sich zu benehmen habe.

3. Denn seine Arbeit besteht im Verfertigen von Bildern, mittelst deren er dem Auge körperliche Formen zu veranschaulichen trachtet. Er wird darum dem Auge dasjenige zu bieten haben, was dieses selbst beim Anblick natürlicher Bilder sich zu verschaffen strebt, nämlich verschiedene Ansichten. Denn auf welche Art der Zeichner sein Bild entwerfe, welchen Standort er wähle: gewissen scheinbaren Verkürzungen, überhaupt gewissen optischen Täuschungen wird er nur durch eine zweite, oder auch eine dritte Ansicht zu begegnen im Stande sein. In manchen einzelnen Fällen allerdings wird der Zeichner voraussetzen dürfen, daß die Wirkung dieser Verkürzungen, dieser Gesichtstäuschungen dem Beschauer bereits bekannt seien, daß dieser sich dadurch nicht beirren lassen werde und ihm deshalb eine einzige Ansicht des Gegenstandes genüge.

4. Angenommen, es läge das wohlgezeichnete Bildniß eines Mannes vor, etwa eine gute Photographie nach dem Leben, worauf der Kopf in gerader Ansicht von vorn erscheint. Den Beschauern, welche den Mann kennen oder kannten, wird der Anblick dieses Bildnisses seine Gesichtszüge wieder vollständig vergegenwärtigen. Diejenigen aber, welche ihn nicht kannten, werden durch das Bild eine näher zutreffende Vorstellung jener Züge gewinnen, als ihnen irgend welche Beschreibung zu geben vermöchte.

Jetzt aber verlange man von einem Bildhauer, welcher zur zweiten Klasse von Beschauern gehört, daß er nach dem Bildnisse eine Büste verfertige. Er wird alsobald noch ein Profil des Kopfes verlangen, weil auf der Ansicht von vorn Nase, Ohren, die Schläfe, der Unterkiefer und Anderes so stark verkürzt erscheinen, daß er ihr Relief mit der hier nothwendigen Sicherheit davon nicht entnehmen könnte.

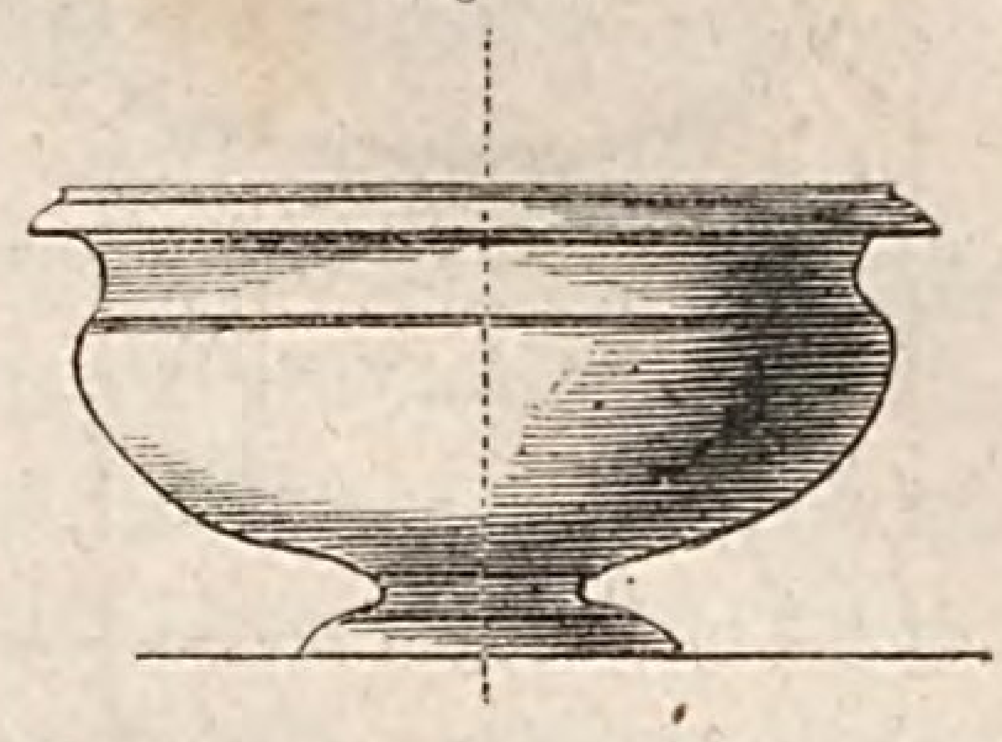
Mit Hülfe dieser beiden Zeichnungen und gestützt auf seine genaue Kenntniß der menschlichen Kopfbildung mag der Sculptor nun getrost zum Werke schreiten, dennoch würde er für weitere Hülfsmittel sich dankbar erzeigen und namentlich eine Ansicht des Hinterkopfes gern entgegennehmen.

Noch weitere Ausführung.

5. Wir haben so eben einen hypothetischen Fall behandelt, und darum mögen die Folgerungen, welche daraus abgeleitet werden sollten, noch an einiger Dunkelheit leiden. Glücklicherweise hindert uns aber nichts, durch einen unmittelbar anzustellenden graphischen Versuch die eigene Erfahrung ins Mitleid zu ziehen und so die gewünschte Klarheit zu gewinnen.

Ich sage: die Fig. *1* nebenan stellt ein rundes Gefäß vor, wie solche auf der Drehscheibe des Töpfers hervorgebracht werden, eine Schüssel also. Wer im Betrachten von Zeichnungen nur einigermaßen geübt ist, der wird sich von der Gestalt, welche hier in Rede steht, mittelst der Zeichnung eine deutliche Vorstellung machen.

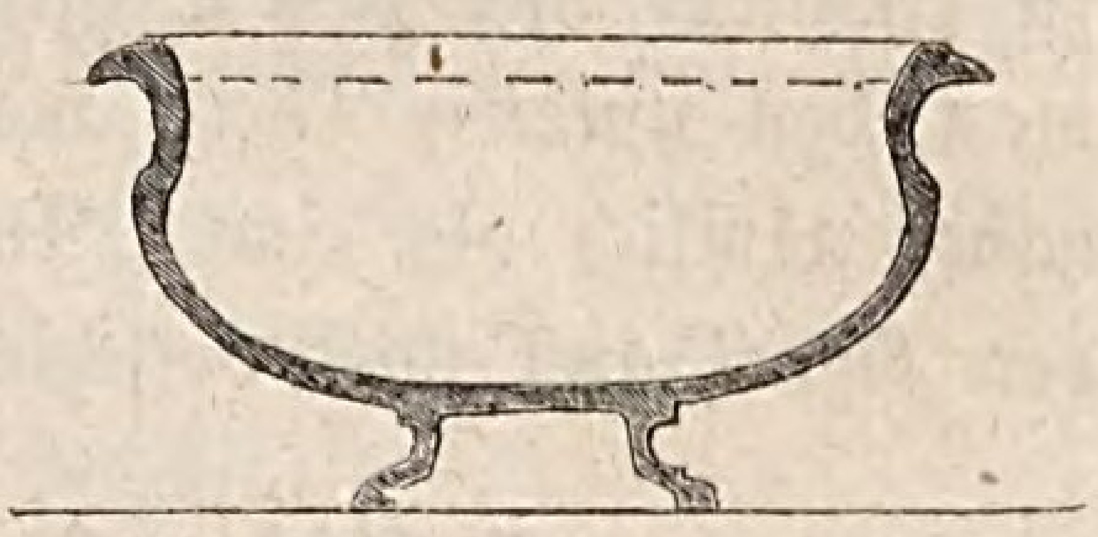
Fig. *1.*



Aber der Töpfer, der Metallgießer, welcher eine derartige Schüssel ausführen sollte, würde alsobald auch die Dicke der Wandungen zu wissen verlangen.

6. Auch seinem Bedürfnisse könnte durch eine Zeichnung entsprochen werden, welche wie Fig. *2* zu behandeln wäre, deren äußerer Kontur dem vorigen ganz gleicht. Hier ist das Gefäß so dargestellt, als ob dasselbe senkrecht und mitten durch in zwei gleiche Hälften geschnitten wäre, deren vordere man hinweggenommen. Durch die schraffirten Theile ist die Schnittfläche und somit die Dicke der Wandung ausgedrückt.

Fig. *2.*

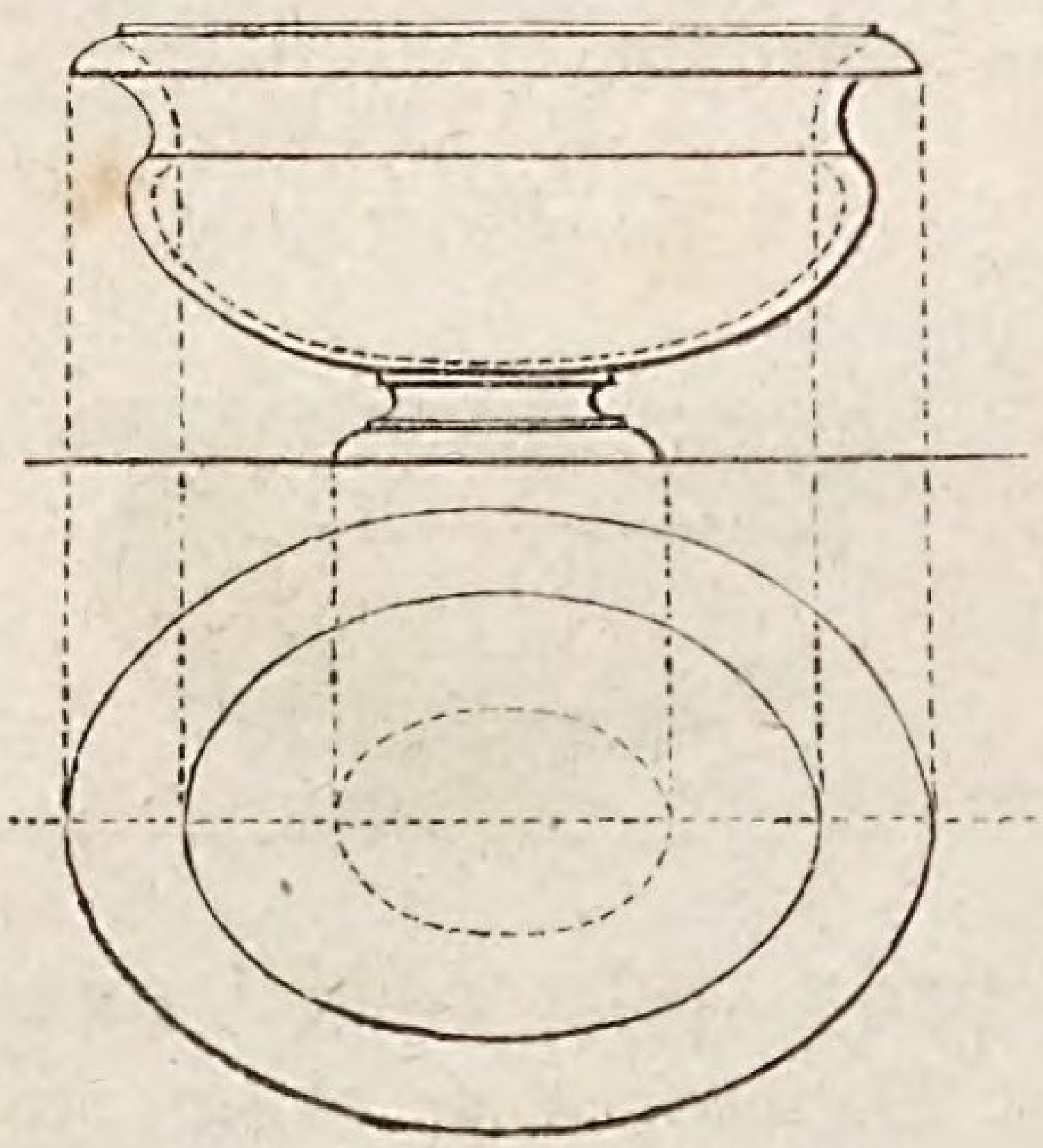


Diese Fig. *2* stellt, technisch gesprochen, einen „Durchschnitt" des Gefäßes dar, während man in Fig. *1* eine „Ansicht" desselben zu erblicken hat. Dieser letztgenannten Fig. *1* wird man vielleicht, ihrer Behandlung nach, eine größere Anschaulichkeit zuerkennen, als der Fig. *2*, welche zwar den Zweck der Formbeschreibung vollkommen erfüllt, jedoch nur auf konventionelle Weise, indem ihre Verständlichkeit lediglich auf einem Uebereinkommen beruht, welches sich mit der Zeit gebildet hat.

7. Wohlverstanden jedoch vermag jede der beiden Zeichnungen ihren Zweck nur dadurch zu erfüllen, daß der Beschauer zum Voraus von einem Umstande unterrichtet ist, worüber die Fig. *1* durch ihre Schattirung noch einige Andeutung giebt, die Fig. *2* aber gar nichts sagt, darüber nämlich, daß es sich um runde Formen handle.

Fände dies nicht statt, oder wäre das Gefäß überhaupt nicht kreisrund geformt, sondern oval, oder richtiger gesprochen elliptisch, dann müßte durchaus noch eine zweite Zeichnung beigegeben werden, aus welcher die besondere Art der Rundung des Gefäßes zu entnehmen wäre.

Fig. 3.



Für technische Zwecke pflegt man beide Zeichnungen der Art anzuordnen, daß sie, so zu sagen, nur eine einzige Figur bilden, wie hier Fig. 3. Die obere Hälfte dieser Figur besteht, wenn man will, aus einer Zusammensetzung der Figuren 1 und 2, indem die punktirte Linie den inneren Rand des Durchschnittes von Fig. 2 andeutet; die untere Hälfte der Zeichnung aber drückt die elliptische Rundung des Gefäßes an verschiedenen Stellen aus, welche vermittelst der senkrecht hinaufgezogenen gestrichelten Linie ihre nähere Bezeichnung finden.

8. Ueber die Beziehungen des oberen und unteren Theiles der Fig. 3 zu einander und zum Originale sei im Augenblick nur noch das bemerkt, daß man den unteren Theil auch als eine „Ansicht" des Gefäßes zu betrachten habe, nämlich als eine „Ansicht von oben", daß also die ganze Darstellung der Fig. 3 aus zwei verschiedenen Ansichten des Gefäßes zusammengesetzt sei.

Verschiedene Stufen der Ausführung einer Zeichnung.

9. Es bedarf keiner Auseinandersetzung, daß eine Zeichnung, welche als „Abbild" unser Auge ansprechen soll, jenem „Bilde" möglichst nahe kommen müsse, welches der gezeichnete Gegenstand selbst dem Auge bietet oder bieten würde, wenn es ihn erblickte. Dieses natürliche Bild muß an sich als etwas Ganzes, Fertiges betrachtet werden, obwol wir gewöhnt sind, daran gewisse Arten von Erscheinungen zu unterscheiden, als da sind: die Umrisse oder Konturen; das Helldunkel; das Kolorit. Allein wir sind es auch gewöhnt, weil gemüßigt, in ähnlicher Weise bei jeder Naturbeobachtung uns zu benehmen; nur selten vermögen wir eine Naturerscheinung in allen ihren Beziehungen mit einem Blicke zu überschauen; sehen uns vielmehr angewiesen, dabei zu sondern, was zusammengehört; zu zerlegen, was verwachsen ist; zu trennen, was in Verbindung steht; so das Einzelne zu erfassen, um zuletzt die Ergebnisse wieder zusammenzustellen, und auf diesem Wege endlich zur richtigen Einsicht zu gelangen.

Nun ist aber ein jeder Zeichner, welcher besondern Klasse er angehören mag, in höherem oder minderem Grade Nachahmer der Natur, und die Art, wie er ihre Erscheinungen auffaßt, ist ihm auch maßgebend bei der Reproduktion derselben: er führt sein Werk stufenweise zu Ende. Die erste besteht im Entwurf der Umrisse nach irgend einem Gesetze; auf der zweiten Stufe wird durch Schattiren die Wirkung von Licht und Schatten oder von Hell und Dunkel nachgeahmt, und auf der dritten endlich durch Koloriren die Farbenwirkung wiedergegeben.

10. Das schließt nun keineswegs aus, daß ein gewiegter Künstler bei gewissen Gattungen von Bildern sogleich mit der letzten Arbeit beginne. Allerdings dürften auf diesem Wege nur Skizzen zu erwarten sein und durchdachte Arbeiten stets den regelrechten Gang erheischen; wie dem aber sein mag: beim Studium muß der Zeichner eben diesen Weg einhalten. Zudem bringt er nicht alle seine Werke auf die oberste Stufe der Ausführung. Oft genügt seinem Zwecke schon eine schattirte Zeichnung, und fast noch öfter der reine Kontur. Ja die Farbengebung ist bei technischen Zeichnungen keineswegs stets ein Zeichen des obersten Grades der Ausführung, vielmehr oft nur ein konventionelles Hülfsmittel zum Bezeichnen gewisser Verhältnisse.

Die Schüler, welche dem gegenwärtigen Lehrgange folgen, haben bereits während des Ornamentenzeichnens über das Gesagte eigene Erfahrungen gemacht und werden zu weiteren noch andere Gelegenheit finden.

Auf welches abstrakte Gebiet das Studium den Zeichner führe.

11. Wir nennen es eine Abstraktion, wenn man die Eigenschaften der Dinge an sich betrachtet oder im Einzelnen. So beruht es schon auf einer Abstraktion, wenn von dem Bilde eines Gegenstandes auf die Gestalt desselben geschlossen werden soll. Es ist aber eine weitere Abstraktion, wenn man diesen Schluß von einem nur unvollständig, z. B. nur in Konturen ausgeführten Bilde zu machen hat. Wir selbst sind auf diesem Wege schon weiter gegangen und haben, um eine körperliche Form darzustellen, in der Fig. 2 einen Zustand derselben versinnlicht, welcher gar nicht existirte. Alsobald werden wir veranlaßt sein, physische Vorgänge mit dem Auge des Geometers zu betrachten, aber wir werden auch dann wieder nicht nur Linien und Flächen sehen, sondern in stets weiter gehender Abstraktion den Raum zum Wege umschaffen, welchen geometrische Bildungen gesetzmäßig durchlaufen. Das insgesammt, um zuletzt allerdings bei praktischen Ergebnissen anzulangen.

Näherer Begriff von Zeichnung.

12. Im engern Sinne versteht man unter dem Ausdruck „Zeichnung" eines Gemäldes den Entwurf der Umrisse oder Konturen desselben. Was aber Umriß sei, läßt sich also erklären: das Bild eines körperlichen Gegenstandes nimmt auf dem Gemälde sowol wie in unserm Auge einen gewissen Raum ein, und die Grenzen dieses Raumes sind die Umrisse des Bildes. Diesen Umrissen zählt man übrigens noch alle auf dem Bilde sichtbaren Linien bei.

Angenommen, man spreche von irgend einem eckigen Körper, z. B. von einem viereckigen Postamente, so bestehen die Umrisse desselben aus den Bildern seiner Kanten und Ecken.

Der Umriß einer Kugel aber, eines Armes, besteht aus einer Linie, welche auf der Kugel, auf dem Arme nicht vorhanden ist und welche sich mit jeder verschiedenen Ansicht solcher Körper ändert. Ihre Gestalt ist wesentlich durch das Gesetz bedingt, welchem der Zeichner bei seinem Entwurfe folgt. Man pflegt diese Art von Umrissen *scheinbare* zu nennen.

Der perspektivische Entwurf.

13. Dies ist die ursprünglichste von allen Zeichnungsarten, denn der erste Mensch, welchem es in den Sinn kam, einen körperlichen Gegenstand, z. B. eine menschliche Gestalt, durch Zeichnung nachzuahmen, konnte nichts Anderes beabsichtigen, als auf den Beschauer seines Werkes einen Eindruck hervorzubringen, der demjenigen ähnele, welchen der Anblick des Gegenstandes selbst auf sein Auge machen würde. Jede solche Zeichnung aber nennt man eine *perspektivische*.

Man hat ein recht artiges Märchen vom „ersten Zeichner": es sei ein Jüngling gewesen, welcher den Schattenriß seiner Geliebten auf der Wand mit Kohle fixirt habe. Dies mag von einem recht getreuen Liebhaber erfunden sein, aber von keinem Zeichner; denn wenn jener „Ur-Zeichner" sein Erstlingswerk des andern Tages betrachtet hätte, würde der Anblick des Gekritzels ihm sicher alle Gelüste einer Wiederholung gründlich verleidet haben.

Nöthigste Begriffe vom Licht und vom Sehen.

14. Das Licht, welches die Gegenstände um uns sichtbar macht, strebt in gerader Linie zu wirken. Dies gewahren wir bei jeglichem *Zielen*.

Man ist übereingekommen, eine solche geradlinig fortschreitende Lichtwirkung mit dem Worte *Lichtstrahl* zu bezeichnen.

Daß man beleuchtete Gegenstände von vielen Orten her sieht, hat seinen

Grund darin, daß das Licht, welches die Oberfläche jener Gegenstände erhellt, von da nach all jenen Orten zurückgeworfen wird.

In dem Fensterladen eines verfinsterten Zimmers bringe man eine nicht große Oeffnung an und stelle in einiger Entfernung dahinter ein weißes Bret auf, so wird man alsogleich auf diesem Brete ein Bild derjenigen Gegenstände erblicken, welche vor dem Fenster der Oeffnung gegenüberstehen und von welchen das zurückgeworfene Licht durch die Oeffnung dringen kann.

Es erfordert begreiflich eine günstige Beleuchtung, damit der Versuch gelinge.

Das Bild auf dem Brete ist als vollkommen perspektivische Abbildung der äußeren Gegenstände zu betrachten, nur erscheint es umgekehrt, das Obere nämlich unten, das Linksstehende rechts.

Bei allem Sehen geht Aehnliches vor: von der Oberfläche eines uns sichtbaren Gegenstandes wird Licht nach unserm Auge zurückgeworfen; es dringt durch die Pupille, wie vorhin durch die Ladenöffnung, in das Innere und verursacht auf der Netzhaut des Auges, wie früher auf dem Brete, ein Bild des Gegenstandes, welches von einem Andern möglicherweise gesehen werden könnte. Wir selber jedoch können es nicht mehr sehen, denn das Vorhandensein dieses Bildes ist eben für uns das Sehen. Man könnte auch sagen „denn es geht kein weiterer physischer Prozeß vor, vielmehr wird die Empfindung, welche das Bild auf der Netzhaut hervorbringt, durch die Nerventhätigkeit sogleich dem Gehirne übermittelt und dort zu unserm Bewußtsein gebracht", wenn Jemandem mit dieser letztern Erklärungsweise besser gedient sein sollte als mit der vorigen.

Wie man einen perspektivischen Umriß auf mechanische Art erlangen könne.

15. Dies geschieht mittelst einer ganz einfachen und bekannten Vorrichtung: eine Glastafel, welche als Zeichnungsfläche dient, ist aufrecht am Rande eines Tischchens befestigt; mitten am gegenüberstehenden Rande hat man ein Bretchen angebracht und darin in zweckmäßiger Höhe ein kleines Augenloch; das Ganze von solcher Größe, daß die rechte Hand bequem auf der Glastafel zeichnen kann, während der Zeichner durch das Augenloch den abzuzeichnenden Gegenstand betrachtet.

Zum Gebrauche stellt er seinen Apparat in passender Entfernung vor den genannten Gegenstand und verfolgt mit dem Auge die scheinbaren Umrisse desselben, während er mit der Spitze seines Zeichnenstifts diesen Umrissen nachfährt. Mit lithographischer Kreide läßt sich gut auf die Glastafel zeichnen, wenn dieselbe zuvor einen dünnen Gummiüberzug bekommen hat.

Der Lehrer wird das Experiment den Schülern wiederholt vormachen, auch sie selbst sich daran versuchen lassen und ihnen zur Anschaulichkeit bringen, daß die erhaltene Zeichnung auf das Auge, welches dieselbe durch das Augenloch betrachtet, dieselbe Wirkung mache, wie die sichtbaren Umrisse des Gegenstandes selbst, wenn man nämlich in diesen rein nur Linien sieht.

Der Vorgang geometrisch betrachtet.

16. Wir wollen uns denken, daß der Zeichner seine Umrisse auf der Glastafel nicht in stetigen Zügen entworfen, sondern dieselben punktirt oder getüpfelt habe. Dann ist jedes Tüpfelchen oder jeder Punkt das Bild eines sichtbaren Punktes auf dem Körper.

Aber die Punkte des Körpers wurden dadurch sichtbar, daß von jedem derselben ein Lichtstrahl in das Auge traf.

Alle diese Lichtstrahlen sind, ihrem Wege nach, als gerade Linien zu betrachten.

Daher liegt jedes Tüpfelchen auf der geraden Linie, welche man sich aus dem Auge oder aus der Mitte des Augenloches nach dem entsprechenden Punkte des Körpers gehend denken kann.

So gewinnen wir nun folgende geometrische Vorstellung von dem Entstehen der perspektivischen Umrisse eines Körpers:

Es ist ein Körper vorhanden, welcher gezeichnet werden soll.

In gewisser Entfernung von dem Körper ist ein fester Punkt angenommen, den man sich als die Mitte des Augensternes denken mag, der uns aber für das Auge selbst gilt.

Zwischen dem Auge und dem Körper ist die „Bildfläche" hingestellt, worauf man den perspektivischen Umriß entwerfen will.

Dies sind die drei Grundforderungen.

Jetzt denkt man sich von beliebig vielen Punkten auf der sichtbaren Oberfläche des Körpers gerade Linien nach dem Auge gezogen.

Man bestimmt und bezeichnet von einer jeden den Ort, wo sie die Bildfläche durchdringt oder durchschneidet.

Diese Orte oder Tüpfelchen werden in gehöriger Weise durch Linienzüge verbunden, wie man einzelne Perlen mittelst eines Fadens zur Perlenschnur vereint, und die verlangten perspektivischen Umrisse sind vorhanden.

Die Perspektive lehrt, wie diese Vorstellungsweise praktisch anzuwenden sei.

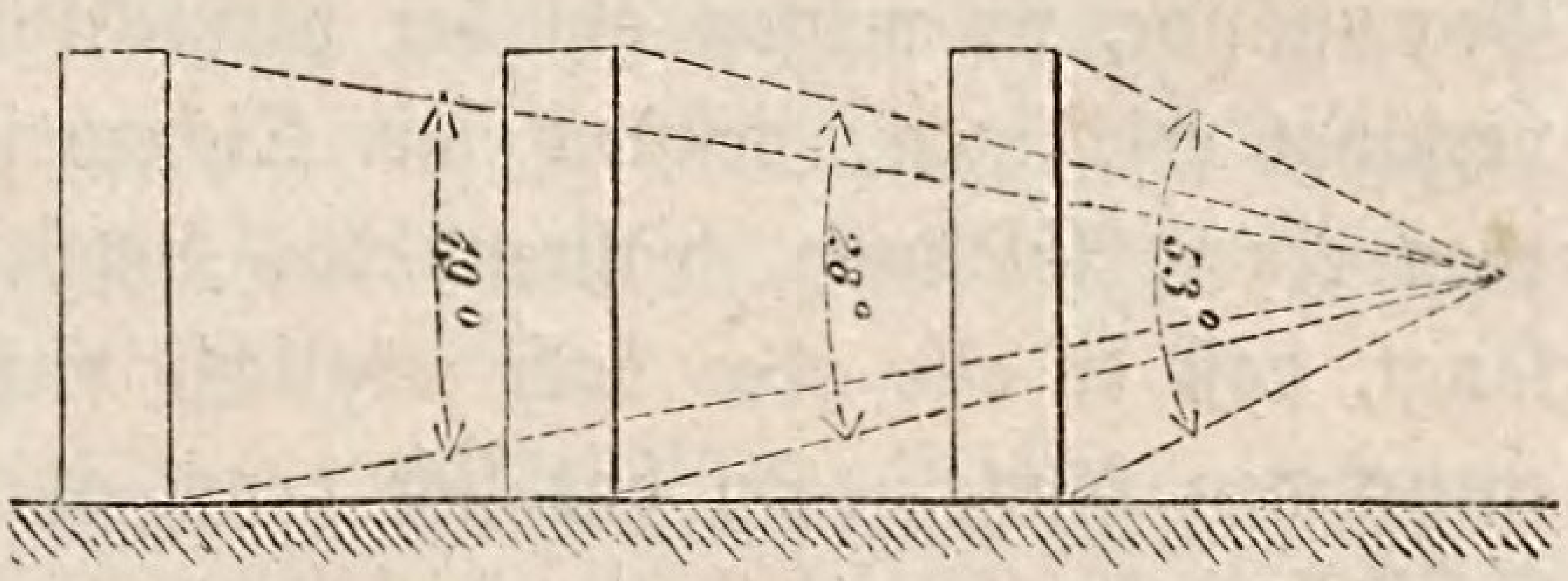
Von der scheinbaren Größe der Gegenstände.

17. Man denke sich irgend einen Gegenstand vor Augen und, um Alles, was nicht zur Sache gehört, fern zu halten, einen Gegenstand von ganz einfacher Gestalt: einen Pfosten, eine Stange, oder Aehnliches. Von dem obersten Punkte des Pfostens, wie von seinem untersten, gelangt ein Lichtstrahl in unser Auge. Beide Strahlen, als gerade Linien betrachtet, bilden einen Winkel, welcher das geometrische Maß ist für die scheinbare Größe des Pfostens, weil er die Ausdehnung bedingt, welche das Bild dieses Körpers auf der Netzhaut des Auges einnimmt.

Winkel dieser Art nennt man Gesichtswinkel oder auch Sehewinkel. Steht man in größerer Entfernung von dem Pfosten, dann zeigt er sich unter einem Gesichtswinkel, welcher nothwendig kleiner sein muß als vorher. Mit andern Worten: der Pfosten scheint uns in dieser größeren Entfernung kleiner als zuvor.

Dies erklärt die bekannte Erscheinung, daß alle sichtbaren Gegenstände uns um so kleiner vorkommen, je größer ihre Entfernung vom Auge ist.

Fig. 4.



Stand der vorhin gedachte Pfosten anfänglich in einer Entfernung vom Auge, welche gerade seiner Länge gleich war, so erschien er demselben unter einem Gesichtswinkel von nahezu 53°. Bei einer doppelten, einer dreifachen Entfernung würde dieser Winkel nur noch 28°, 19° u. s. f. betragen, wie dies der Transporteur angeben wird, wenn man denselben und eine Zeichnung zu Rathe ziehen wollte.

In einer Entfernung, welche der hundertfachen Länge des Pfostens gleicht, würde derselbe noch unter einem Gesichtswinkel von etwa einem halben Grad erscheinen; dies ist beiläufig auch der Gesichtswinkel, unter welchem wir die Sonnen- oder Mondscheibe erblicken.

Beträgt aber die Entfernung eines Gegenstandes vom Auge das Dreitausendfache seiner mittleren Ausdehnung, dann hat sein Gesichtswinkel noch die Größe von einer Minute. Hier jedoch erscheint der Körper schon so klein, daß man sagen kann, er habe die Grenze seiner Sichtbarkeit erreicht, obwol besonders scharfe Augen ihn noch in größerer Entfernung, d. i. unter kleinerm Gesichtswinkel zu erkennen vermögen.

Hierbei verdient jedoch angemerkt zu werden, daß die Lichtwirkung

der Körper viel weiter reichen könne, als sie ihrer Größe nach sichtbar sein würden. So erblickt man unter Umständen das von einer Fensterscheibe zurückgeworfene Licht der Abendsonne in Entfernungen, wobei sich kaum mehr das Fenster, geschweige denn die Scheibe erkennen läßt. In verstärktem Maße findet die Erscheinung statt bei den meisten Gestirnen des Nachthimmels.

Warum die perspektivische Entwerfungsart für technische Zeichnungen nicht zweckmäßig erscheine.

18. Weil die perspektivische Zeichnung im Auge einen Eindruck hervorbringen soll, wie es der Anblick der Gegenstände selbst thun würde, ist es erforderlich, daß die Figuren auf der Zeichnungsfläche unter denselben Gesichtswinkeln wie jene ins Auge fallen.

Die Größe der gezeichneten Gegenstände hängt darum ab von jenen Gesichtswinkeln; diese aber sind bedingt durch die Entfernung und durch die Lage jener Gegenstände in Bezug auf die Bildfläche; die Größe ist also veränderlich, je nachdem sich diese Verhältnisse ändern.

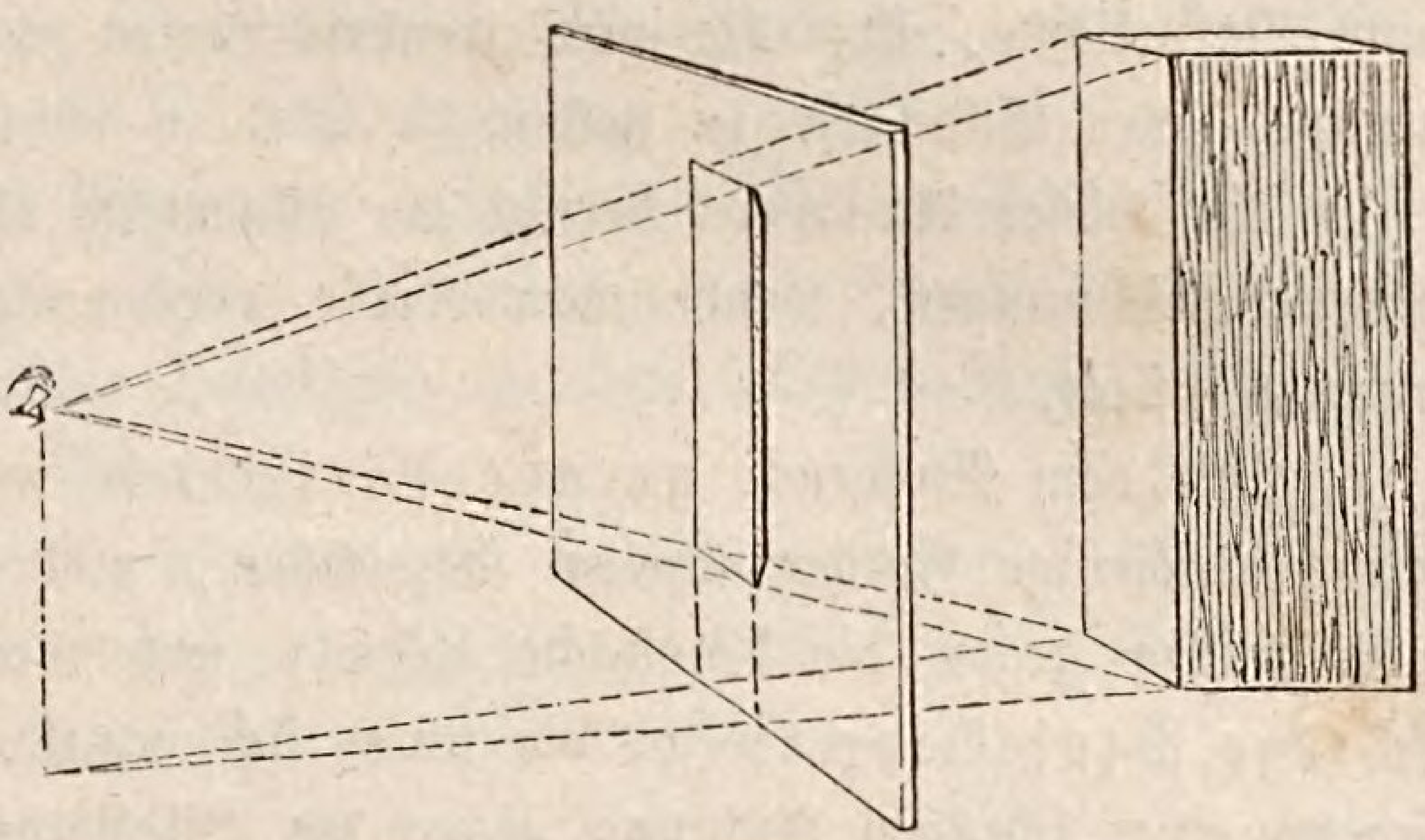
Nun läßt sich zwar unter gewissen Voraussetzungen die wahre Größe der Gegenstände, sie mögen auf der perspektivischen Zeichnung mehr oder weniger verjüngt erscheinen, dennoch mit Sicherheit ableiten. Allein es bedarf dazu eben einer Ableitung, während das Bedürfniß des Technikers gebieterisch verlangt, daß er alle oder doch möglichst viele Maße der Zeichnung unmittelbar entnehmen könne. So hat sich denn auch eine technische Zeichnungs- oder Darstellungsweise gebildet und bilden müssen, welche, obwol der perspektivischen Anschauung entsprossen, doch lange vorher schon üblich war, ehe man von richtigen perspektivischen Grundsätzen irgend eine Vorstellung hatte. Diese technische Zeichnungsart ist jedenfalls so alt als die Baukunst, welche dieselbe schon auf ihren frühen Entwicklungsstufen ins Leben rufen mußte.

Begriff von Projektionen.

19. Es ist jetzt erforderlich, wiederum jene geometrische Anschauung aufzunehmen, welche in §. 17 gewonnen worden. Dort haben wir die Lichtstrahlen, welche von den sichtbaren Punkten eines Gegenstandes ins Auge geworfen werden, lediglich als gerade Linien betrachtet, so wie das Auge selbst nur als einen festen oder starren Punkt; wie haben dabei gefunden, daß die perspektivischen Bilder der einzelnen Punkte des Gegenstandes da auf der Bildfläche liegen, wo diese von jenen geraden Linien durchdrungen oder durchschnitten wird. Nun wollen wir auch die Vorstellung von Bild fallen lassen

und sagen: „die Punkte auf der Bildfläche sind die **Projektionen** von Punkten des Gegenstandes. Projektion aber heißt so viel als Entwurf, Hinwurf. Die geraden Linien ihrerseits, welche wir an die Stelle der ursprünglichen Lichtstrahlen setzen, nennen wir **projicirende Linien**.

Fig. 5.



So sind also „perspektivische Bilder" und „perspektivische Projektionen" in **einem** Sinne gleichbedeutende Ausdrücke, nur daß „Projektion" ein rein geometrischer Begriff ist, welcher eine optische Ansicht ausschließt.

Wozu nun diese Begriffe führen sollen, wird sogleich erhellen.

Von der Parallel-Projektion.

20. Das stete Kleinerwerden der Bilder oder Projektionen von Gegenständen bei zunehmender Entfernung derselben von der Bildfläche ist bedingt durch das Zusammenlaufen aller projicirenden Linien in dem festen Punkte, welcher als der Ort des Auges gilt.

Hat man aber einmal die gewöhnliche Vorstellung von Bild und von optischer Beziehung überhaupt fallen lassen, um an ihre Stelle die allgemeineren geometrischen Begriffe von „Projektion" zu setzen, dann bedarf es nur noch eines weiteren Schrittes, um eine Zeichnungsart zu erhalten, welche dem entspricht, was der Techniker in dieser Beziehung zu begehren hat.

Man **beseitigt nämlich den festen Punkt, in welchem die projicirenden Linien sich vereinen, und läßt dieselben alle unter einander parallel werden.**

Darstellungen, welche auf solche Weise gewonnen werden, nennt man im Allgemeinen „Parallel-Projektionen".

In dieser neuen Projektionsart ist Alles verschwunden, was an Gesichtswinkel und deren Wirkung erinnert. Gegenstände von gleicher Größe und gleicher Stellung werden sich dabei gleich groß projiciren, ihre Entfernung unter einander und von der Bildfläche sei, welche sie wolle.

21. Durch die einzige Forderung, daß die projicirenden Linien alle unter sich parallel sein sollen, ist die Stellung oder Lage dieser Linien gegen

die Bildfläche noch keineswegs bestimmt, und ihre besondere Richtung bleibt nach irgend welchen Bedingungen festzusetzen.

Was sich in dieser Beziehung zunächst darbietet, weil es das Einfachste und Natürlichste, ist: die projicirenden Linien rechtwinklig gegen die Zeichnungs- oder Bildfläche zu stellen.

Auf dieser Annahme beruht die allgemein übliche Entwerfungsart technischer Zeichnungen, welche man Risse oder auch geometrische Risse zu nennen pflegt.

Mit dem Ausdrucke gerade Projektion werden wir in unserm Lehrgange diejenige Entwerfungsart bezeichnen, wobei die projicirenden Linien rechtwinklig gegen die Bildfläche stehen; und wir nennen es schiefe oder schräge Projektion, wenn die unter sich parallelen projicirenden Linien in irgend einer schrägen Richtung gegen die Bildfläche gestellt oder angenommen wurden.

Beide aber sind Parallel-Projektionen.

Mit dem Ausdrucke geometrische Entwerfungsart wollte man hauptsächlich den Unterschied der geraden Projektion und der perspektivischen hervorheben. Daß dieser Ausdruck jedoch ungeeignet erscheinen müsse, liegt auf der Hand, weil beide Entwerfungsarten auf ganz verwandten geometrischen Anschauungen und Gesetzen beruhen.

Die gerade Projektionsart wird den umfänglichsten Gegenstand gegenwärtiger Abtheilung bilden, weil in ihr Grundlage und wesentlichstes Hülfsmittel des technischen Zeichnens erkannt werden muß, während die schräge wie die perspektivische Projektion für diese Zwecke nur als Ergänzungen der ersten erscheinen. In diesem Sinne werden wir von der schrägen Projektion alsobald einige Anwendung machen und aus diesem Grunde, so wie der Verwandtschaft des Stoffes wegen die Regeln derselben entwickeln.

Das Wesen der geraden Projektion näher begründet.

22. Was wir in §. 16 über die Grundforderungen zum perspektivischen Entwurfe gesagt, läßt sich verallgemeinern für jede Projektionsart. Zu ihrer Ausführung müssen drei Dinge gegeben und festgesetzt sein:

1) der Körper oder Gegenstand, welcher projicirt werden soll;

2) die Fläche, worauf er projicirt werden soll;

3) das Gesetz, wie er projicirt werden soll oder welche Stellungen die projicirenden Linien haben sollen.

Der zu projicirende Gegenstand kann in Wirklichkeit vorhanden sein oder

auch nur in der Vorstellung existiren. Er kann nach seinen wahren Größenverhältnissen auf die Bildfläche projicirt werden oder auch in irgend einem verjüngtem Maßstabe.

Als Bildfläche dient meistens die Oberfläche eines Papierblattes, auch einer Wand, eines Fußbodens (Reißbodens). Man denkt sich, diese Oberfläche liege entweder wagerecht, oder sie stehe aufrecht.

Bei gerader Projektion stehen alle projicirenden Linien rechtwinklig gegen die Bildfläche. Diese Linien müssen also lothrecht oder perpendikular stehend gedacht werden bei horizontaler Bildfläche; sie sind selbst horizontal bei lothrecht oder vertikal stehender Bildfläche.

Die Darstellung eines Gegenstandes auf wagerecht liegender oder gedachter Fläche wird seine Horizontalprojektion genannt; die Darstellung desselben auf vertikaler Fläche seine Vertikalprojektion.

Den Schülern wird gezeigt, wie eine Horizontalprojektion auf mechanischem Wege zu erhalten sei.

23. Man wähle einen einfachen eckigen Körper, etwa einen Würfel, aus Holz oder Pappe, und bezeichne dessen Ecken mit den römischen Ziffern I bis VIII. Der Würfel werde in irgend einer Weise über einem wagerecht aufgehefteten Papierblatte der Art befestigt, daß keine seiner Flächen mit diesem Blatte parallel liegt.

Ein kleines Bleiloth werde dergestalt an das Würfeleck I gehalten, daß seine Spitze die Papierfläche berührt.

Den Punkt, wo dieses geschieht, markire man und bezeichne ihn mit a. Nun ist a die Horizontalprojektion des Punktes I, indem der Faden des Senkels die projicirende Linie desselben Punktes vorstellt. Desgleichen projicire man mittelst des Bleilothes das Eck II auf die Papierfläche und bezeichne die gefundene Stelle mit b.

Der Punkt b ist die Horizontalprojektion des Eckes II und der Faden des Bleilothes versinnlicht die projicirende Linie dieses Eckes oder Punktes.

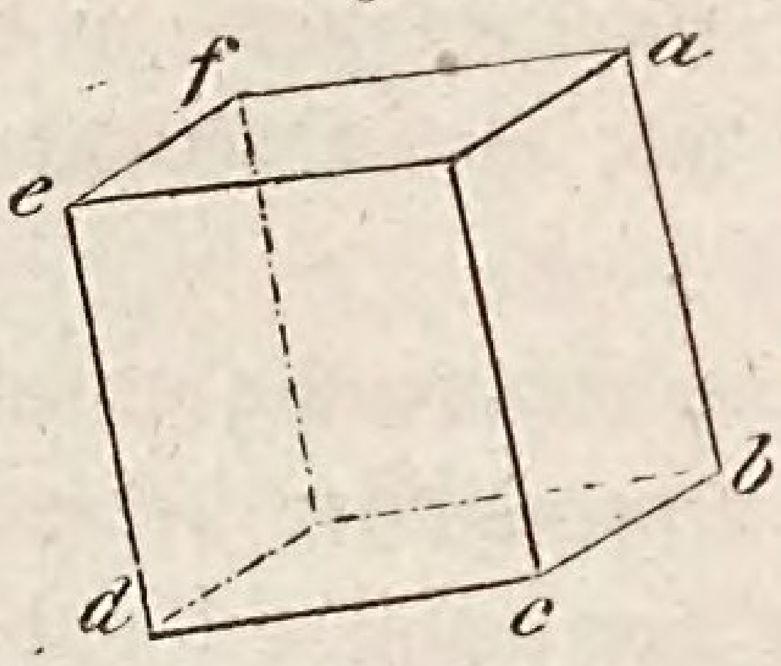
Die Punkte a und b werden sofort durch eine gerade Linie verbunden. Diese Linie a b ist die Projektion der Kante I II.

In ähnlicher Weise werden die Horizontalprojektionen c, d, e, f, c d, d e, e f, f a der äußeren Ecken und Kanten III IV, V VI, III IV, IV V, V VI, VI I des Würfels vermittelst des Lothes gefunden.

Die Figur, welche auf diesem Wege gefunden worden, wird derjenigen a b c d e f Fig. 6 (S. 14) ähnlich sein; sie wird nämlich ein unregelmäßiges Sechseck

bilden, dessen gegenüberstehende Seiten a b und d e, b c und e f, c d und f a jedoch paarweise parallel und von gleicher Größe sind.

Fig. 6.



24. Folgende Sätze mögen die Schüler aus dem Vorgange sich ableiten:

I. Die Horizontalprojektion eines jeden Punktes auf dem darzustellenden Körper liegt da in der Bildfläche, wo ein Perpendikel oder Loth aus diesem Punkte die Fläche trifft.

II. Die Projektionen von geraden Linien sind wiederum gerade Linien.

III. Die Projektionen von Parallellinien sind wiederum unter sich parallel.

IV. Die Projektionen von gleich langen Parallellinien sind wiederum unter sich gleich lang.

V. Die Projektionen von gleich langen Linien, welche ungleiche Neigung gegen die Bildfläche haben, sind um so kleiner, je stärker diese Linien sich gegen die Bildfläche neigen.

25. Von den Ecken VII und VIII des Würfels konnten die Horizontalprojektionen vermittelst des Bleilothes entweder gar nicht, weil es bei dem einen physisch unmöglich, oder nur auf umständliche Weise erhalten werden. Nach dem vorhergehenden Satze III aber lassen sich dieselben nachträglich ableiten. Denn in Folge dieses Satzes müssen die sechs Würfelflächen sich als Parallelogramme darstellen, von deren jedem zwei Seiten vorhanden sind, die fehlenden also gezeichnet werden können.

Es ist nöthig, daß die Vorstellung von „Bild“ jetzt wieder aufgenommen werde.

26. Wenn wir in Art. 20 unsere Schüler aufgefordert haben, in Bezug auf die Parallelprojektionen jedes Erinnern an bildliche Darstellung fallen zu lassen, so sollte dies nur für den dortigen Augenblick gemeint sein; denn es ist durchaus nothwendig, daß die Schüler sich gewöhnen, in Figuren, wie die Projektion Fig. 6, nicht etwa eine Anzahl von Linien zu sehen, sondern das Bild eines Würfels, oder besser noch, daß sie sich unter diesem Bilde den Würfel selbst vorstellen.

Der Schüler bringe sein Auge gerade über ein Eck des Würfels, z. B. über I, so daß dies Eck die Projektion a genau deckt, so wird er sich unter a das Bild von I denken können.

Er bringe sein Auge über die Mitte der Kanten I II der Art, daß dieselbe die Linie a b decke, und es wird ihn wenig Mühe kosten, in a b das Bild der Kante I II zu erblicken.

In solcher Weise weiter gehend, wird ihm endlich die ganze Figur als das Bild eines Würfels erscheinen, wobei aber das Auge, so zu sagen, überall ist, nämlich senkrecht über jedem Punkte, den man gerade betrachtet.

Diese Vorstellung zu vervollständigen, hat man in Fig. 6 mittelst punktirter Linien die drei untersten Würfelkanten bezeichnet, welche nicht sichtbar sein könnten, der Körper wäre denn durchsichtig.

Noch die Beziehung suche man dem Schüler zur Anschaulichkeit zu bringen, daß nämlich die wagerechte Bildfläche dem Würfel genähert oder von ihm entfernt werden könnte, ohne daß dies eine Aenderung in der Projektion a b c d . . . hervorbringen würde.

Dies schließt sich wieder der Beobachtung an, welche dem Satze III zu Grunde liegt, daß nämlich vier parallele Kanten des Würfels sich in gleicher Größe projiciren, obwohl ihre Entfernung von der Bildfläche eine verschiedene ist.

Gewinnen einer Vertikalprojektion durch mechanische Hülfsmittel.

27. Der Körper wird jetzt vor einer vertikal stehenden Zeichnungsfläche befestigt, von seinen Ecken werden gerade Linien winkelrecht gegen diese Fläche gefällt und die Fußpunkte wie vorhin markirt, bezeichnet und verbunden.

Das Fällen der projicirenden Linien ist im gegenwärtigen Falle etwas umständlicher als zuvor und kann durch gleichzeitige Anwendung von zwei Winkelmaßen bewerkstelligt werden, welche man mit den Kanten gegen einander hält.

Die erhaltenen Vertikalprojektionen der Ecken bezeichne man zum Unterschiede von den vorigen Horizontalprojektionen mit Buchstaben und Accenten; nämlich: die Projektion von I mit a′, die Projektion von II mit b′ u. s. w.

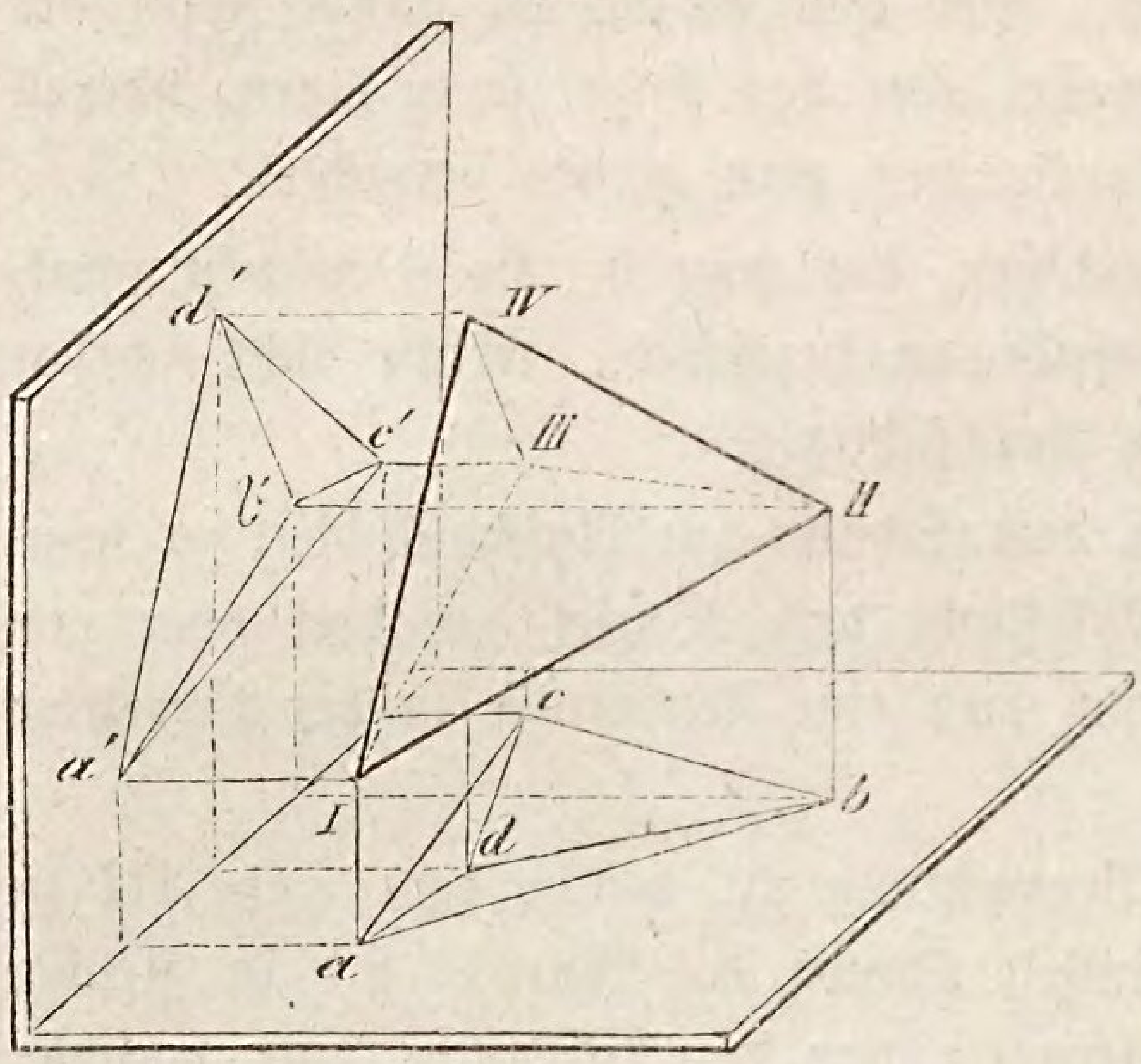
Alle Sätze und Ausführungen der zwei vorhergehenden Artikel lassen sich sofort auf die Vertikalprojektion a′ b′ d′ e′ g′ h′ anwenden, indem man nur die Beiwörter horizontal und vertikal mit einander vertauscht.

Es ist durchaus nicht überflüssig, diese Anwendung wirklich Satz für Satz auszuführen.

Man hat Modelle für den Zweck, dasjenige, was in den fünf vorhergehenden Artikeln vorgetragen wurde, zu veranschaulichen.

Fig. 7, welche in schräger Projektion gezeichnet ist, giebt eine Andeutung darüber. In dem Raume zwischen zwei rechtwinklig gegen einander gestellten Bretchen ist irgend ein eckiger Körper (hier eine dreieckige Pyramide) befestigt. Der Körper ist auf die Oberfläche eines jeden Bretchens projicirt, und die projicirenden Linien sind durch feine Drähte oder Seidenfäden angegeben.

Fig. 7.



Eine Anzahl solcher Modelle kann, namentlich wenn dieselben in hinlänglich großen Dimensionen ausgeführt sind, recht gute Dienste thun.

Sie zeigen, auf welche Weise die Horizontal- und Vertikalprojektion eines Körpers verbunden gedacht werden müssen und wie durch eine Viertelswendung des Modelles die eine Projektion in die andere zu verwandeln sei.

Um jedoch nicht mißverstanden zu werden, so werde nochmals ausdrücklich hervorgehoben, daß solche Modelle die Demonstrationen von §. 26 und 27 nicht *ersetzen*, sondern nur *unterstützen* sollen.

Worin das Eigenthümliche der Horizontalprojektion bestehe.

29. Sind auch die genannten beiden Projektionen eines Gegenstandes der Art mit einander verwandt, daß durch eine einfache Viertelsdrehung des Gegenstandes mitsammt seiner Bildfläche die Horizontalprojektion in eine vertikale verwandelt werden könne, und umgekehrt die vertikale in eine horizontale; so findet diese Vorstellung doch alsdann eine Grenze, wenn die Beschaffenheit des Gegenstandes dem Begriffe einer solchen Drehung widerspricht. Dies ist der Fall bei Gebäuden und allen ähnlichen Gegenständen, welche ihrer Natur nach eine feste, unverrückbare Stellung in Anspruch nehmen.

Solche Körper können, theoretisch gesprochen, nur *eine* Horizontalprojektion haben, welche, wie bereits gesagt, in natürlicher Größe oder in verjüngtem Maßstabe gezeichnet sein mag.

Aber rings um das Gebäude lassen sich beliebig viele vertikale Flächen aufgestellt denken, und eine jede könnte als Bildfläche genommen werden, den

Körper darauf zu projiciren. So also ließen sich von dem Gebäude beliebig viele und von einander unterschiedene Vertikalprojektionen gewinnen.

Abstrakt genommen, würde eine einzige Vertikalprojektion in Verbindung mit der Horizontalprojektion hinreichen zur graphischen Darstellung des Körpers.

Indessen verlangen Deutlichkeit und die Rücksicht auf bequemen Gebrauch der Zeichnung öfters den Entwurf von zwei und selbst von noch mehr Vertikalprojektionen.

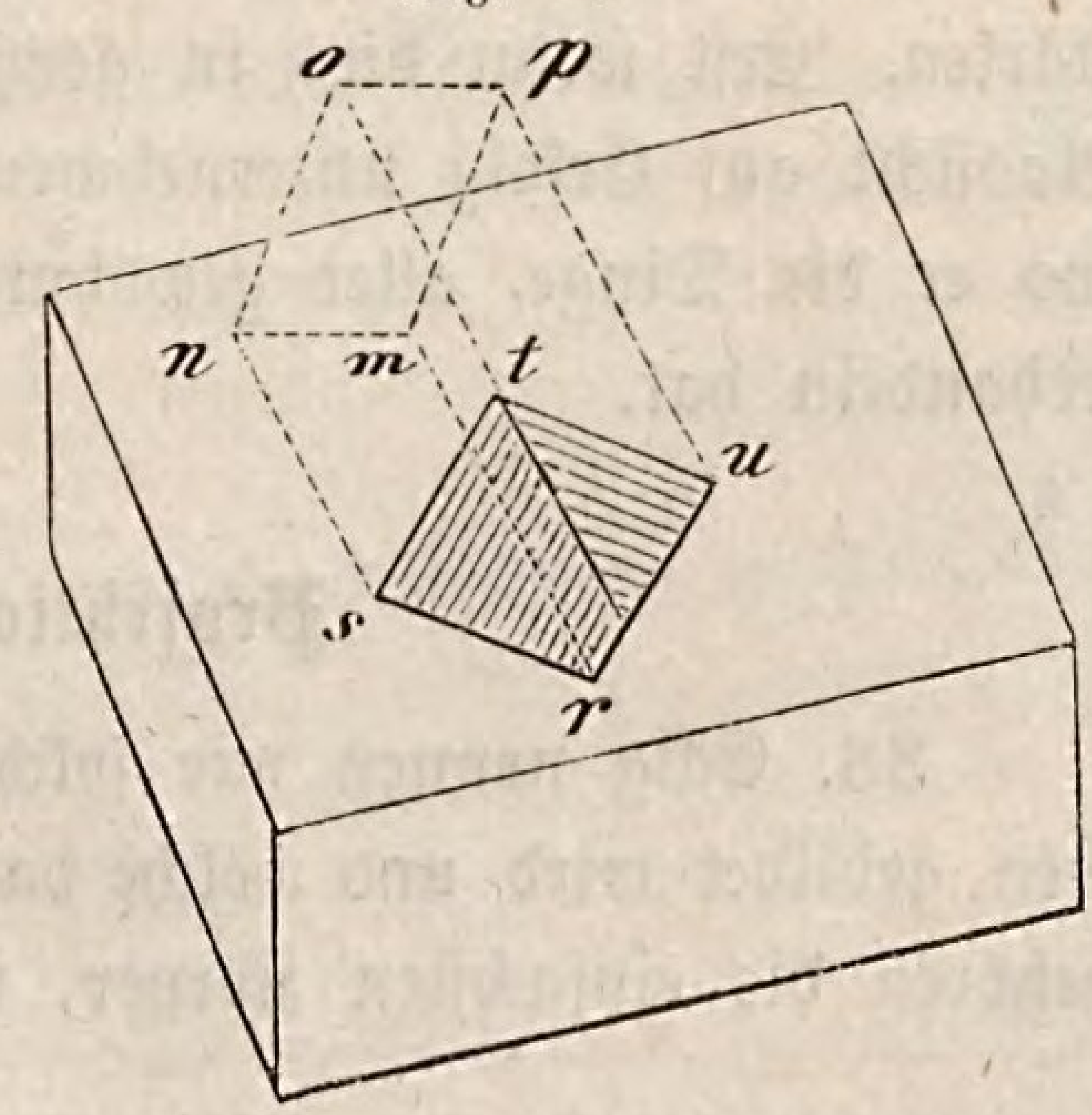
Einige Wort- und Sach-Erklärungen.

30. Die Horizontalprojektionen von Gebäuden, Gebäudetheilen ꝛc. nennt man auch Grundrisse derselben. Die Vertikalprojektionen aber heißen dann Aufrisse, manchmal auch geometrische Ansichten.

Zur Darstellung der inneren Theile von Gebäuden ꝛc. denkt man sich dieselben in wagerechter oder senkrechter Richtung durchschnitten und nimmt die Schnittflächen als Bildflächen an. Projektionen solcher Art werden horizontale oder vertikale Durchschnitte genannt.

31. An technische Zeichnungen, sie mögen nun Projektionen, Risse, Durchschnitte oder sonst wie genannt werden, stellt man hinsichtlich ihres Endzweckes eine doppelte Anforderung: sie sollen entweder von bestehenden oder projektirten technischen Gegenständen Formen und räumliche Verhältnisse dem Beschauer übermitteln; oder zweitens, sie sollen dienen zur Untersuchung, zur Lösung von Aufgaben, welche derartige Verhältnisse betreffen.

Fig. 8.



Wir wollen das Letztere an einem bestimmten Falle zu erläutern suchen. Eine Platte, welche in Fig. 8 nach schräger Projektion dargestellt ist, soll der Art durchlocht sein, daß die Oeffnung genau durch einen bestimmten vierkantigen Körper, ein viereckiges Prisma, ausgefüllt würde.

Wäre der Gegenstand in Wirklichkeit vorhanden, dann böte es nur geringe Schwierigkeit, die nöthigen Maße zu nehmen, um die Oeffnung r s t u danach zeichnen zu können. Anders aber verhält es sich bei einem Projekte. Angenommen, m n o p bedeute die Endfläche des rechteckigen Prisma und o t die Richtung einer seiner Kanten, dann ist durch diese Angaben die

Gestalt des Viereckes rstu bedingt und muß nach den Regeln der Zeichnungskunst abgeleitet werden.

32. Einer Anschauung folgend, wie die zuletzt entwickelte, haben wir den gegenwärtigen Abschnitt unseres Lehrganges, welcher den Titel „projektives Zeichnen" trägt, in zwei Abtheilungen getrennt. Der erste „darstellende Theil" umfaßt dasjenige, was man sonst wol auch „Projektionslehre" nennt, nämlich den Inbegriff der Regeln und Verfahrungsarten, welche beim Entwurfe technischer Gegenstände in gerader oder schräger Projektion maßgebend sind.

In dem zweiten oder „konstruktiven Theile" werden wir dasjenige zusammenfassen, was dem Zeichner zur Lösung von Aufgaben über räumliche Beziehungen vermittelst der Projektionen zu wissen nöthig ist. Wir nennen diesen Lehrkomplex auch „spezielle darstellende Geometrie".

Nun mag hier nicht unangeführt bleiben, daß die genannte Eintheilung keineswegs den Anspruch macht, streng wissenschaftlich zu sein, so wie sie andererseits in der Praxis wieder verschwindet. Das Letztere hat sie mit fast allen wissenschaftlichen Eintheilungen gemein: für den Arzt lassen sich in der Praxis Chirurgie und innere Heilkunde oft nicht trennen, obwol sie für ihn Gegenstände abgesonderten Studiums gewesen.

Was den ersten Punkt betrifft, so bleibt zu erwägen, daß wir hier keineswegs beabsichtigen konnten, eine Abhandlung über reine darstellende Geometrie zu schreiben, sondern eine Anleitung für technische Zeichner. Soll diese gedeihlich wirken, so muß sie auf unserm jetzigen Standpunkte dahin gerichtet sein, das räumliche Anschauungsvermögen des Zeichners, seine Vorstellungskraft in Bezug auf räumliche Formen und Beziehungen zu bilden und zu stärken. Erst wenn dies in gewissem Grade erreicht worden, mag man es mit Aussicht auf Erfolg unternehmen, ihn auf völlig abstraktes Gebiet zu führen, wo er die Dinge, aller gewöhnten Aeußerlichkeit entkleidet, zu fassen und zu behandeln hat.

Projektionen eckiger Körper.

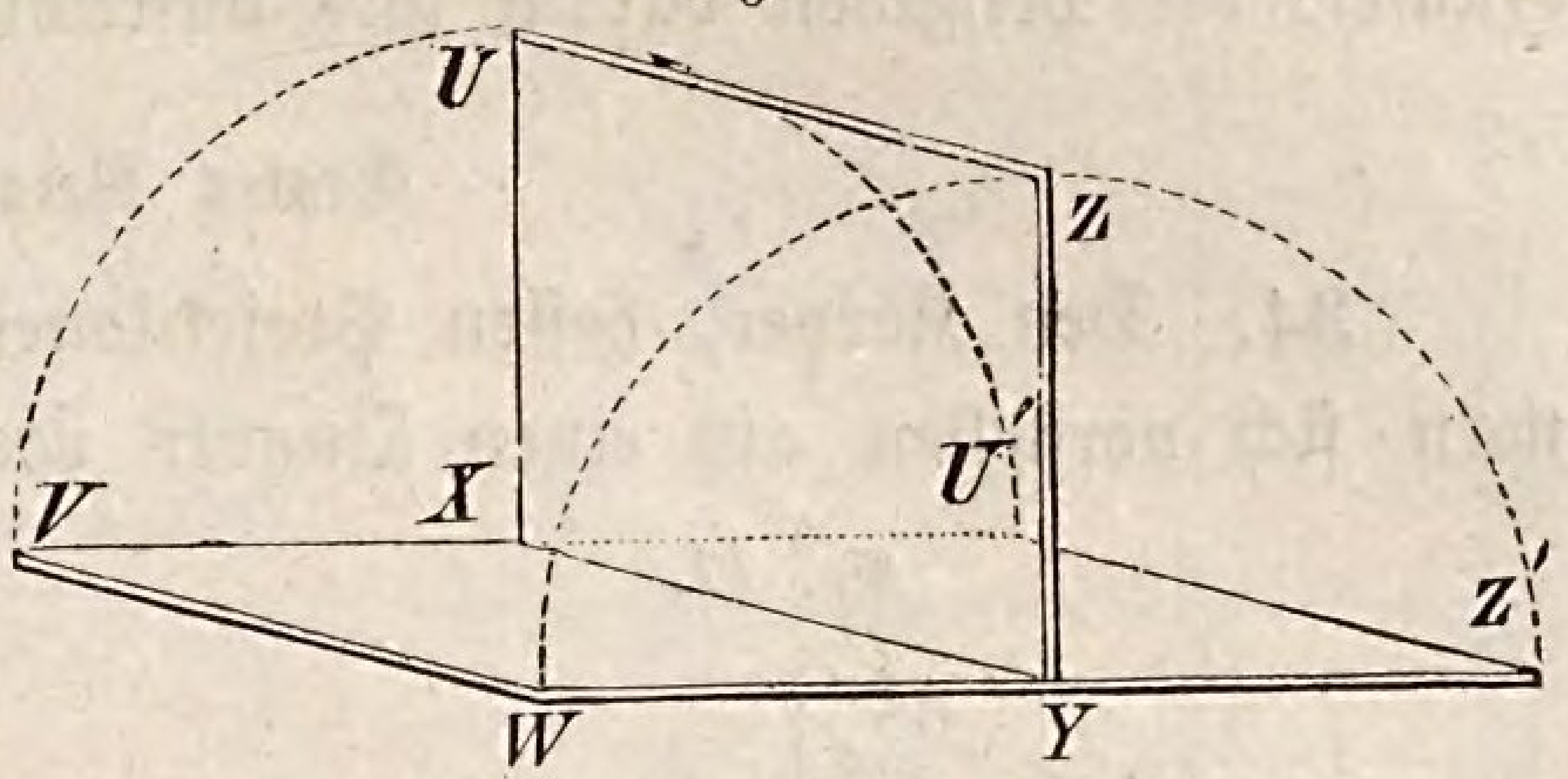
33. Eckig nennen wir solche Körper, deren Oberfläche aus ebenen Flächen gebildet wird und welche darum nur geradlinige Kanten haben. Zu ihnen gehören die einfachsten Körper, in geometrischem Sinne genommen.

Aeußere Hülfsmittel, welche zu Anfang nöthig sind.

34. In Uebereinstimmung mit unserm früher ausgesprochenen Grundsatze verlangen wir auch hier wieder, daß der Schüler bei einer jeden von

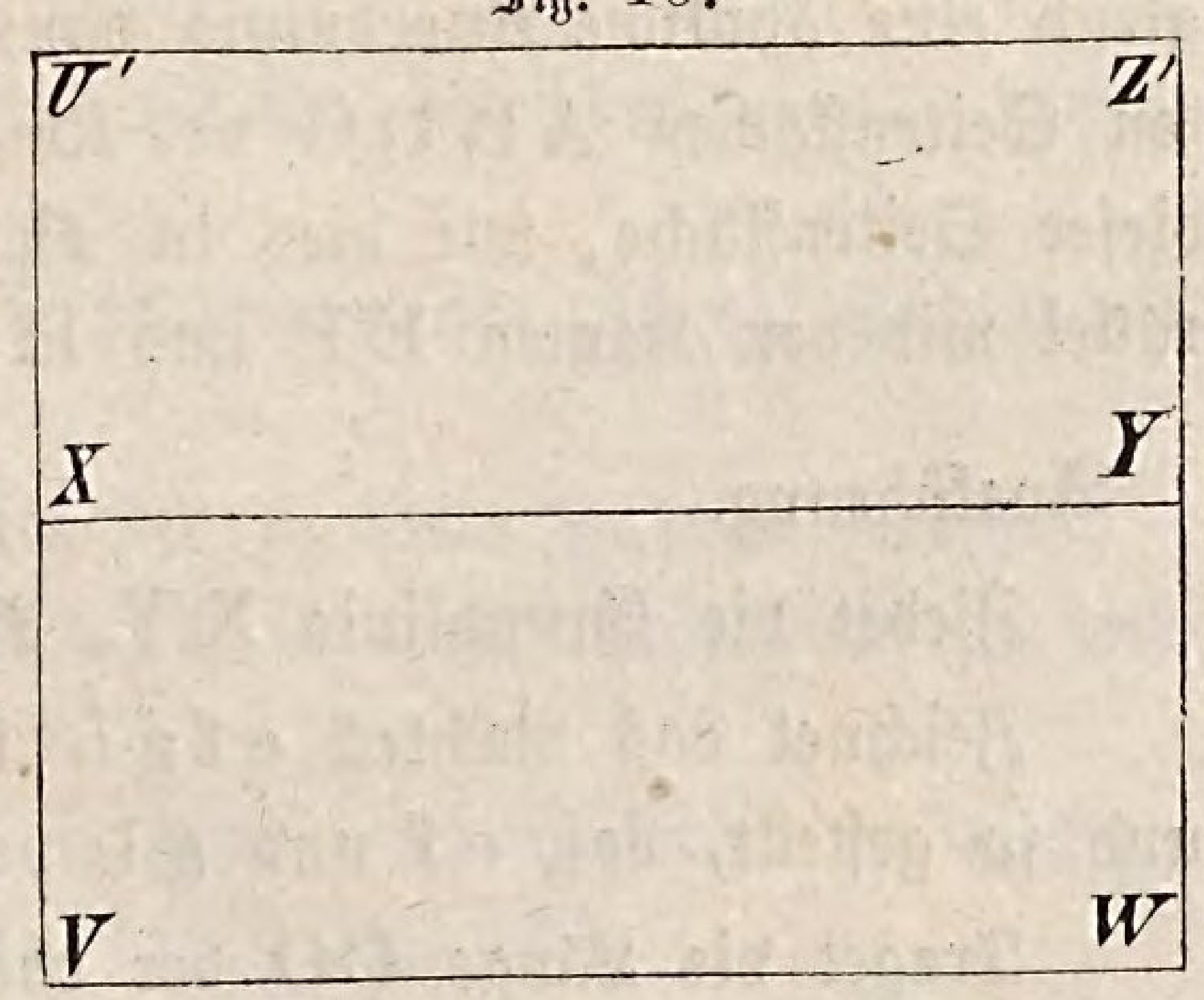
seinen Uebungen ein Modell des Körpers, den er graphisch, d. i. durch Zeichnung darstellen will, zur Hand habe. Solche Modelle können, was die von uns gegebenen Beispiele anlangt, leicht aus Holz oder Pappe beschafft werden. Sie sollen solche Dimensionen haben, daß die Zeichnung genau in der Größe des Modelles entworfen werden kann.

Fig. 9.



Zum Zweiten bedarf jeder Schüler eines Geräthes, wie etwa einer Mappe oder wie die Pappdecke eines Buches in klein Quart oder groß Oktav, wie es Fig. 9 veranschaulicht. XYWV ist das eine Pappblatt, XYZU das andere; beide sind an der Kante XY durch einen Leinwandstreifen vereinigt, so daß beide Blätter im rechten Winkel gegen einander gestellt, auch zusammen- oder aus einander gelegt werden können. Bei VW, XY und UZ sind Fäden gespannt, damit durch sie ein gefalztes Papierblatt in der Projektionsmappe, wie wir das Geräthe nennen wollen, festgehalten werden kann, indem der Falz unter den Faden XY zu liegen kommt. Das Papierblatt, welches mit denselben Buchstaben V ... Z bezeichnet werden soll, dient als unsere Bildfläche, und zwar die Hälfte XYWV als horizontale, die Hälfte XYUZ als vertikale Bildfläche. Die Mappe hat ihre richtige Stellung, wenn die erste Hälfte wagerecht liegt und die zweite aufrecht steht, so daß der Falz XY, welchen wir die Grundlinie nennen, parallel läuft mit der Brust des Zeichners.

Fig. 10.



35. Zum Entwurfe einer Zeichnung wird das Blatt aus der Mappe genommen und ausgespannt auf einem Reißbret befestigt, damit Reißschiene und Winkelmaß gebraucht werden können. Es hat dann die Lage und Gestalt V W Z′ U′, Fig. 10. Obwol das Reißbret meist wagerecht auf einem Tische liegt, hat der Zeichner doch stets zu denken, oder muß sich in jedem Augenblicke vorstellen können, daß die Fläche X Y Z′ U′ der Vertikalprojektion aufrecht vor ihm stände.

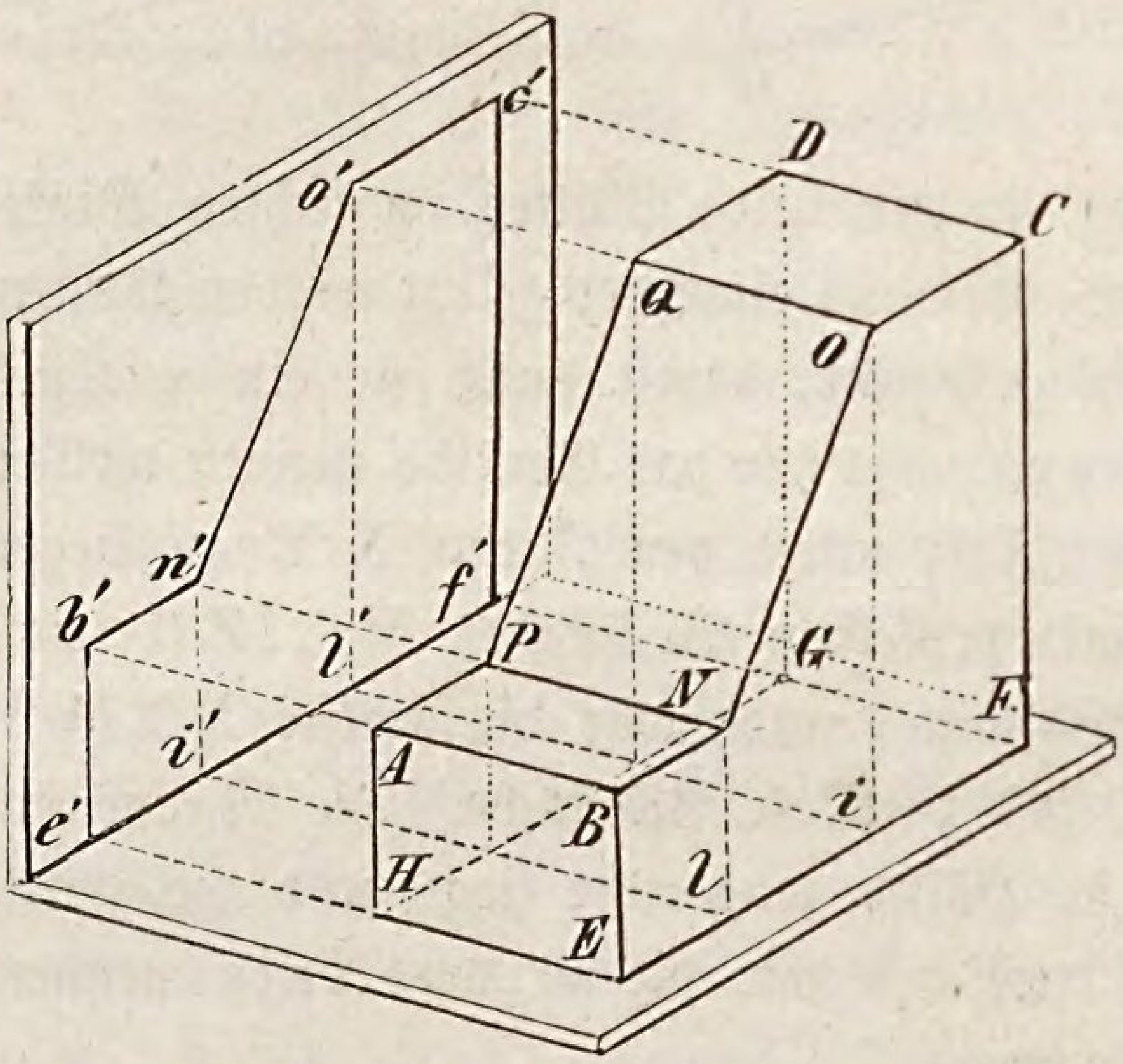
Betrachtet der Zeichner die Horizontalprojektion eines Körpers, so hat er sich stets zu denken, die Bildfläche liege wagerecht vor ihm, und wenn sie

auch wirklich an eine Wand geheftet wäre. Betrachtet er dagegen eine Vertikalprojektion, so stellt er sich vor, die Bildfläche stände aufrecht vor ihm, läge sie in der That auch auf einem Tische. Diese Art von absichtlicher Selbsttäuschung wird nicht viel Mühe verursachen, da wir ja schon gewöhnt sind, beim Anblick eines Kupferstiches, welcher vor uns liegt, doch die Bäume, die Häuser, die Menschen darauf uns aufrechtstehend zu denken.

Erstes Beispiel.

34. Den Körper, dessen Projektionen wir hier bestimmen wollen, mag man sich vorstellen als einen Quader oder als eine aufrechtstehende Platte, Fig. 11, von welcher durch eine schräge und eine wagerechte Fläche das obere Eck ausgeschnitten worden.

Fig. 11.



Was die Stellung der beiden Bildflächen gegen den Körper anlangt, so erscheint es als ganz naheliegend, daß man die verlängert gedachte Grundfläche EFGH des Körpers als wagerechte Bildfläche annimmt, oder, mit andern Worten, daß man sich denkt, der Körper ruhe mit seiner Basis EFGH auf dieser Bildfläche. — In Betreff der vertikalen Bildfläche bietet sich sogleich eine ähnliche Anordnung dar: man kann sie dicht an die eine der breiten Seitenflächen AHDG des Körpers stellen, oder wenigstens parallel mit dieser Seitenfläche, wie dies in Fig. 11 angegeben, wo Grundlinie XY parallel mit den Kanten EF und HG genommen worden.

Ausführung.

Ziehet die Grundlinie XY, Fig. 12. (S. 181.)

Zeichnet das Rechteck efgh so groß wie die Grundfläche des Körpers und so gestellt, daß ef und gh parallel sind mit XY.

Traget die Länge CO der oberen Endfläche von f nach i.

Die Länge BN von e nach l.

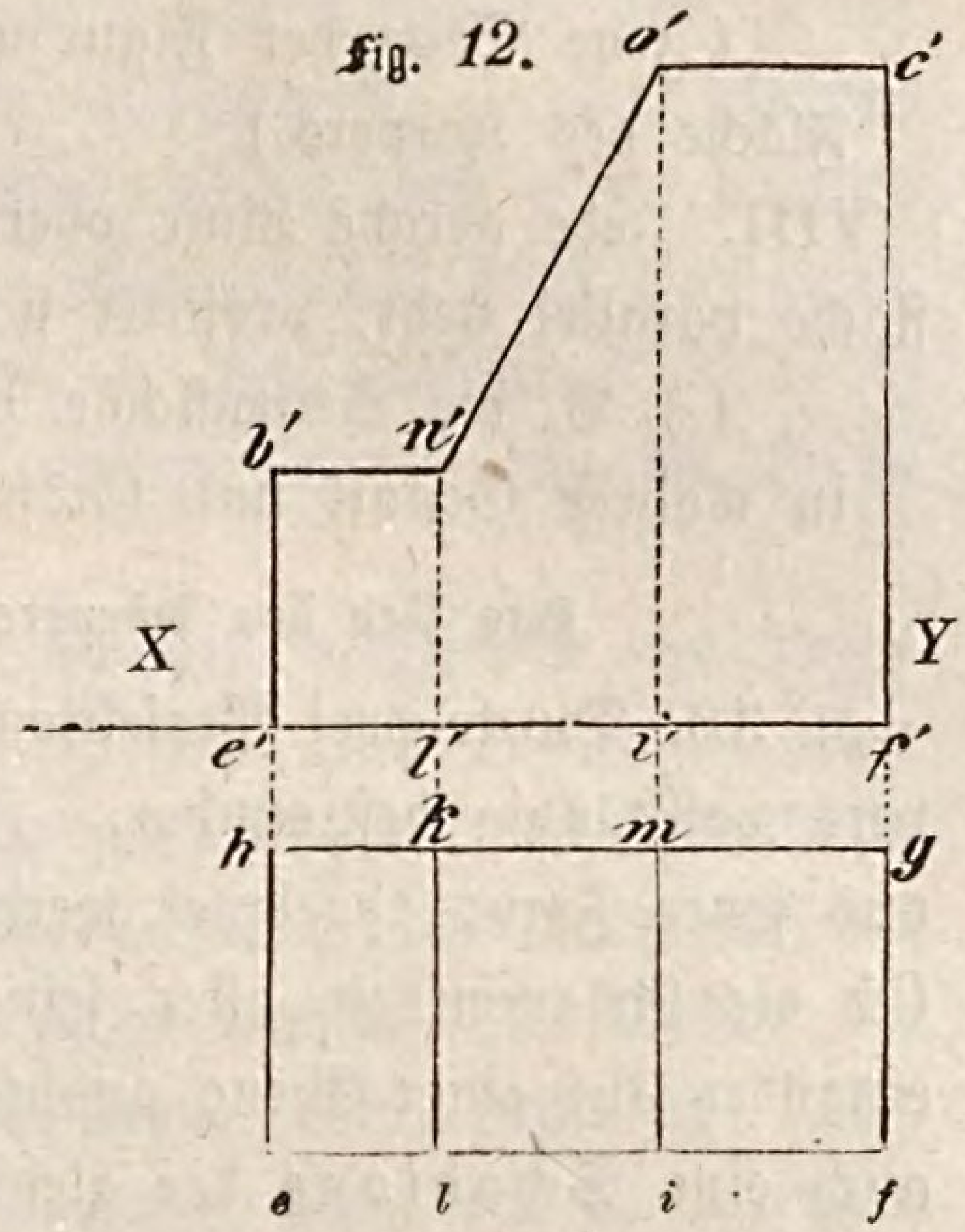
Ziehet im und lk parallel mit fg, und die Horizontalprojektion ist vollendet.

Aus den Punkten e l i f ziehet projicirende Linien senkrecht in die Höhe.

Machet die Höhe f′ c′ und i′ o′ gleich der Kante F C.

Die Höhen l′ n′ und e′ b′ gleich der Kante E B.

Fig. 12.



Ziehet die schiefe Linie n′ o′, womit die Vertikalprojektion vollendet ist.

Anschauung.

37. Löset die Zeichnung von dem Reißbrete, falzt sie und schiebt sie in die aufgestellte Projektionsmappe. Das Körpermodell aber stellet mit seiner Grundfläche auf das Viereck e f g h, wie in Fig. *11*.

Betrachtet den Körper und seine Horizontalprojektion, indem ihr das Auge nach und nach über die verschiedenen Ecken des Körpers bringt.

Betrachtet sodann den Körper in Bezug auf seine Vertikalprojektion, indem ihr das Auge nach und nach gegenüber von jedem seiner Ecken und dessen Projektion bringt.

Dann werden durch die unmittelbare Anschauung folgende Sätze als richtig erkannt werden.

a. Die Horizontalprojektion betreffend.

I. Die Horizontalprojektion einer jeden aufrechten oder vertikalen Linie ist ein Punkt.

II. Die Horizontalprojektion einer jeden vertikal stehenden ebenen Fläche ist eine Linie.

(Die vier Seitenflächen des Körpers projiciren sich als die Seiten des Rechteckes e f g h.)

III. Eine jede wagerechte Linie projicirt sich in ihrer wahren Größe.

IV. Eine jede wagerechte Fläche projicirt sich in ihrer wahren Größe und Gestalt.

V. Eine jede schief gestellte Linie oder Fläche wird durch die Projektion verkürzt.

(Z. B. die schief stehende Fläche N O Q P, Fig. *11*.)

b. Die Vertikalprojektion betreffend.

VI. Eine jede Linie, welche winkelrecht gegen die vertikale Bildfläche steht, projicirt sich darauf als Punkt.

(Z. B. die Kante C D als der Punkt c′ u. s. w.)

VII. Eine jede ebene Fläche, welche rechtwinklig gegen die vertikale Bildfläche steht, projicirt sich darauf als eine gerade Linie.

(Jede Seite der Figur e′ f′ c′ o′ n′ b′ ist die Vertikalprojektion einer Fläche des Körpers.)

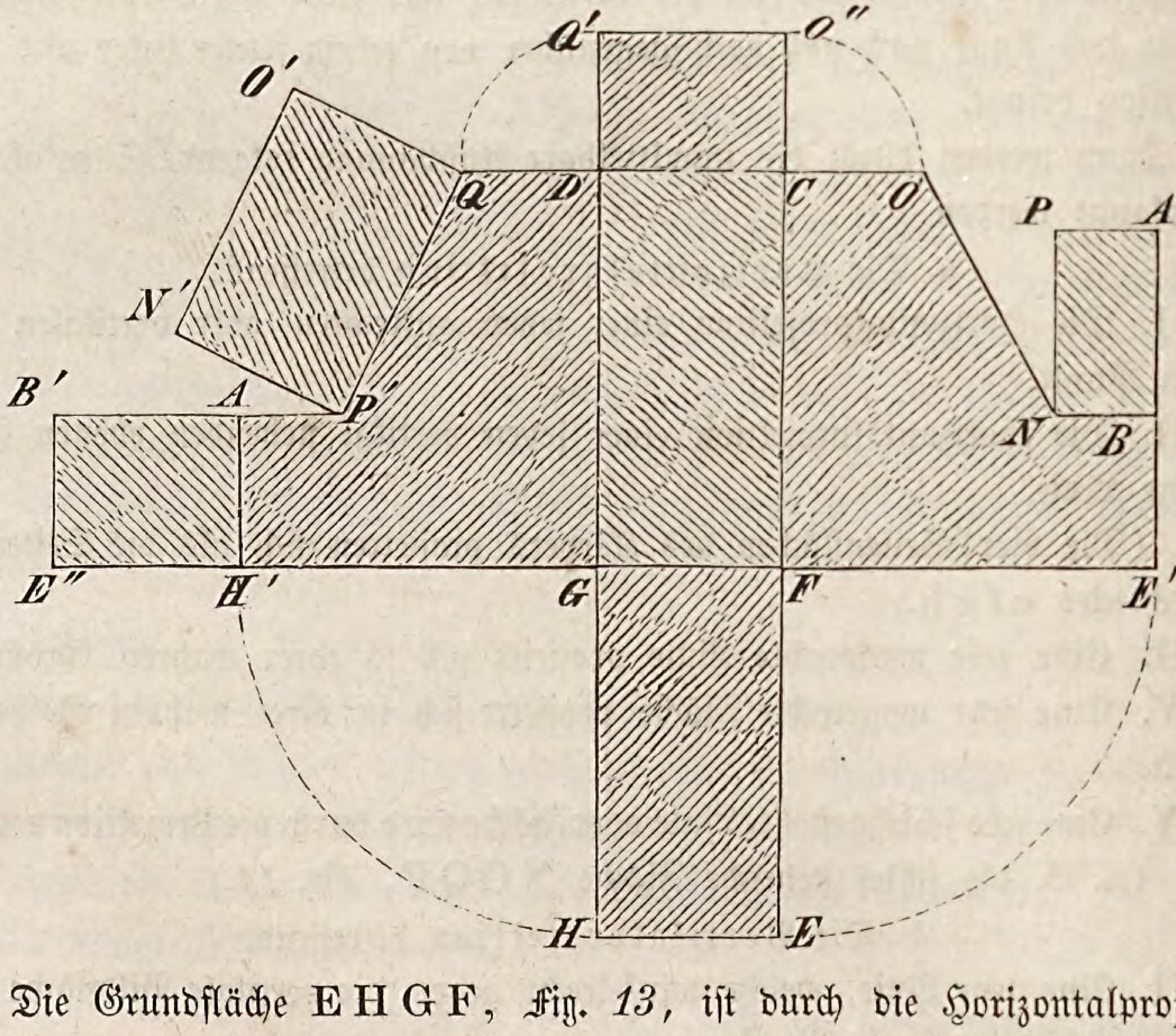
VIII. Jede gerade Linie oder ebene Fläche, welche mit der vertikalen Bildfläche parallel steht, projicirt sich darauf in wahrer Gestalt und Größe.

(Z. B. die Seitenfläche EBNOCF projicirt sich nach e′ b′ n′ o′ c′ f′ in wahrer Gestalt und Größe.)

Das Netz des Körpers, abgeleitet aus seinen Projektionen.

38. Durch zwei Projektionen, wie in Fig. 12, ist die Gestalt eines Körpers vollständig bestimmbar. Zum Belege dafür soll das Netz des Körpers aus jener Figur abgeleitet werden. Netz eines Körpers nennt man bekanntlich die Gesammtheit aller seiner Seitenflächen, wenn man dieselben neben einander auf einer Ebene ausbreitet. Jede einzelne Fläche dieses Netzes heißt auch eine Schablone der gleichnamigen Fläche des Körpers.

Fig. 13.



Die Grundfläche EHGF, Fig. 13, ist durch die Horizontalprojektion e h g f, Fig. 12, bestimmt. — Oben daran hat man die Seitenfläche GDCF gezeichnet; sie ist ein Rechteck, dessen Höhe CF aus der Vertikalprojektion

bei c′ f′ entnommen werden konnte. — Ueber G D C F liegt das Rechteck D C O″ Q′. Es war durch die Horizontalprojektion bei i m g f gegeben. — Die beiden größeren Seitenflächen rechts und links von F C G D sind in der Vertikalprojektion bei e′ f′ c′ o′ n′ b′ unmittelbar ausgedrückt. — Das Rechteck E″ H′ A B′ projicirt sich horizontal nach e h und vertikal nach e′ b′; dadurch ist seine Höhe und Breite festgesetzt. — Das Rechteck N P A′ B war durch seine Horizontalprojektion e h k l schon gegeben. — Das Rechteck P′ N′ O′ Q endlich konnte an die Linien P′ Q′ gezeichnet werden, indem man die Breite N′ P′ gleich l k machte.

39. Anmerkung. Um ein Modell des Körpers vermittelst des Netzes herzustellen, kann dies Letztere auch gezeichnet werden, ohne vorher die Projektionen Fig. *11* entworfen zu haben. Nachdem man nämlich die Seitenfläche F E′ B N O C in beliebigen Verhältnissen angenommen, bleibt nur noch die Breite G F festzusetzen, denn alsdann sind auch Längen und Breiten der übrigen Flächen, welche die Form von Rechtecken haben, völlig bestimmt. Dies noch zu erläutern, sind in Fig. *13* die gleichnamigen Ecken mit den gleichen Buchstaben bezeichnet worden, wie in Fig. *11*.

Einige weitere Uebungen im Projiciren desselben Körpers.

40. In Fig. *14* (S. 184) ist bei *(a)* die Horizontalprojektion e h g f des Körpers genau gezeichnet wie in Fig. *12*, aber die Grundlinie der Vertikalprojektion *(b)* steht nicht mehr parallel mit den langen Seiten jenes Viereckes, macht vielmehr mit diesen Seiten irgend einen Winkel.

Dies ändert das Wesen des Verfahrens beim Entwurfe der Vertikalprojektion in keiner Weise: aus allen Ecken der Horizontalprojektion werden gerade Linien winkelrecht gegen die Grundlinie gezogen und nach Bedarf darüber hinaus verlängert. Die Höhen der verschiedenen Ecken des Körpers werden von der Grundlinie an aufgetragen und die erhaltenen Punkte der Ordnung nach durch gerade Linien verbunden.

Alle wagerechten Flächen des Körpers erscheinen in der jetzigen Vertikalprojektion, wie früher, wieder als wagerechte Linien. Die aufrechten und schrägen Flächen zeigen sich verkürzt, aber parallele Linien stellen sich wiederum als Parallele dar.

Schlussarbeit. Man bringe die Zeichnung in die Projektionsmappe, richte dieselbe auf, setze den Körper auf das Viereck e h g f und vergleiche ihn mit der erhaltenen Vertikalprojektion. Es wird unter anderm wahrzunehmen sein daß die Kante g′ d′, welche punktirt gezeichnet ist, nicht gesehen werden könnte.

Fig. 14.

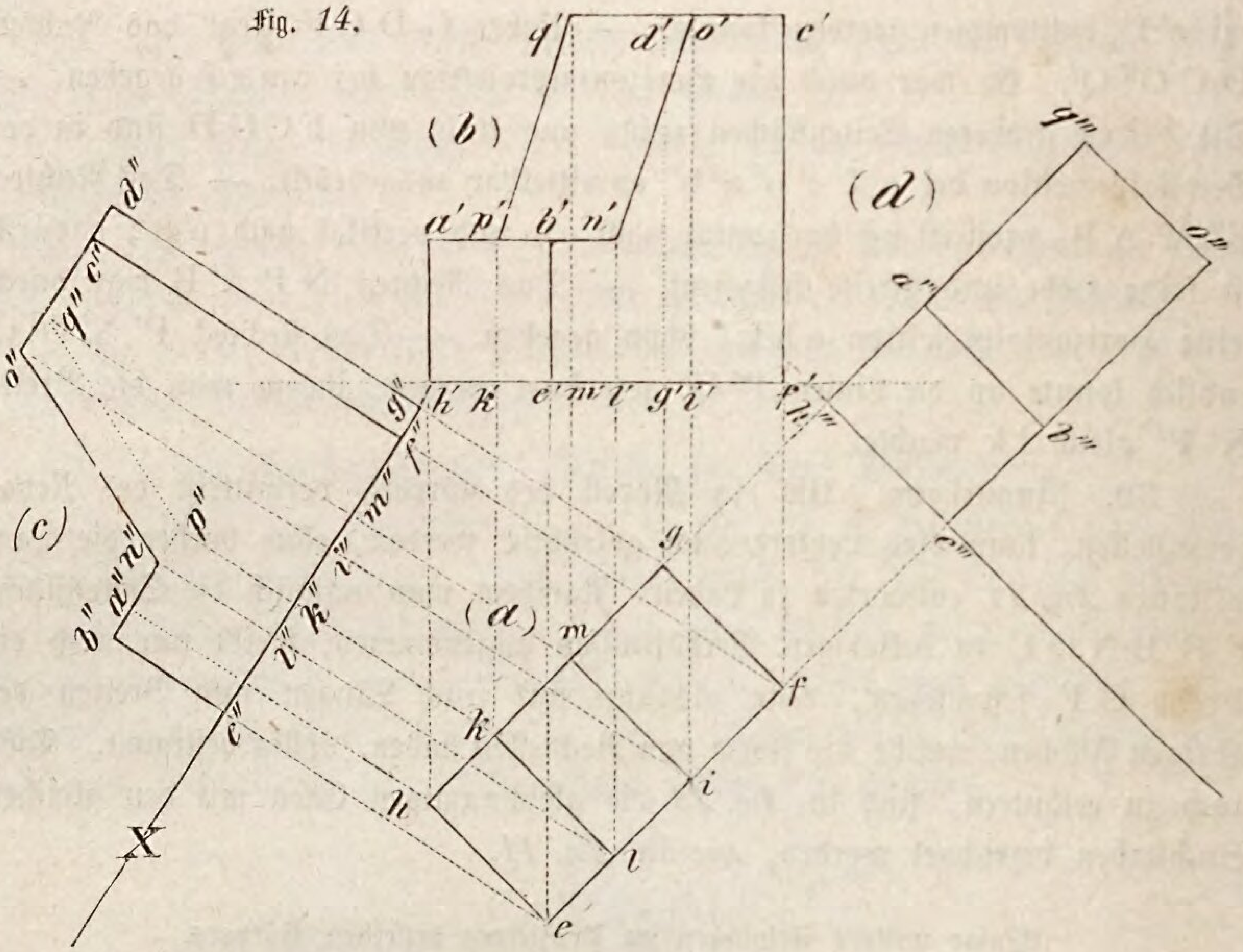
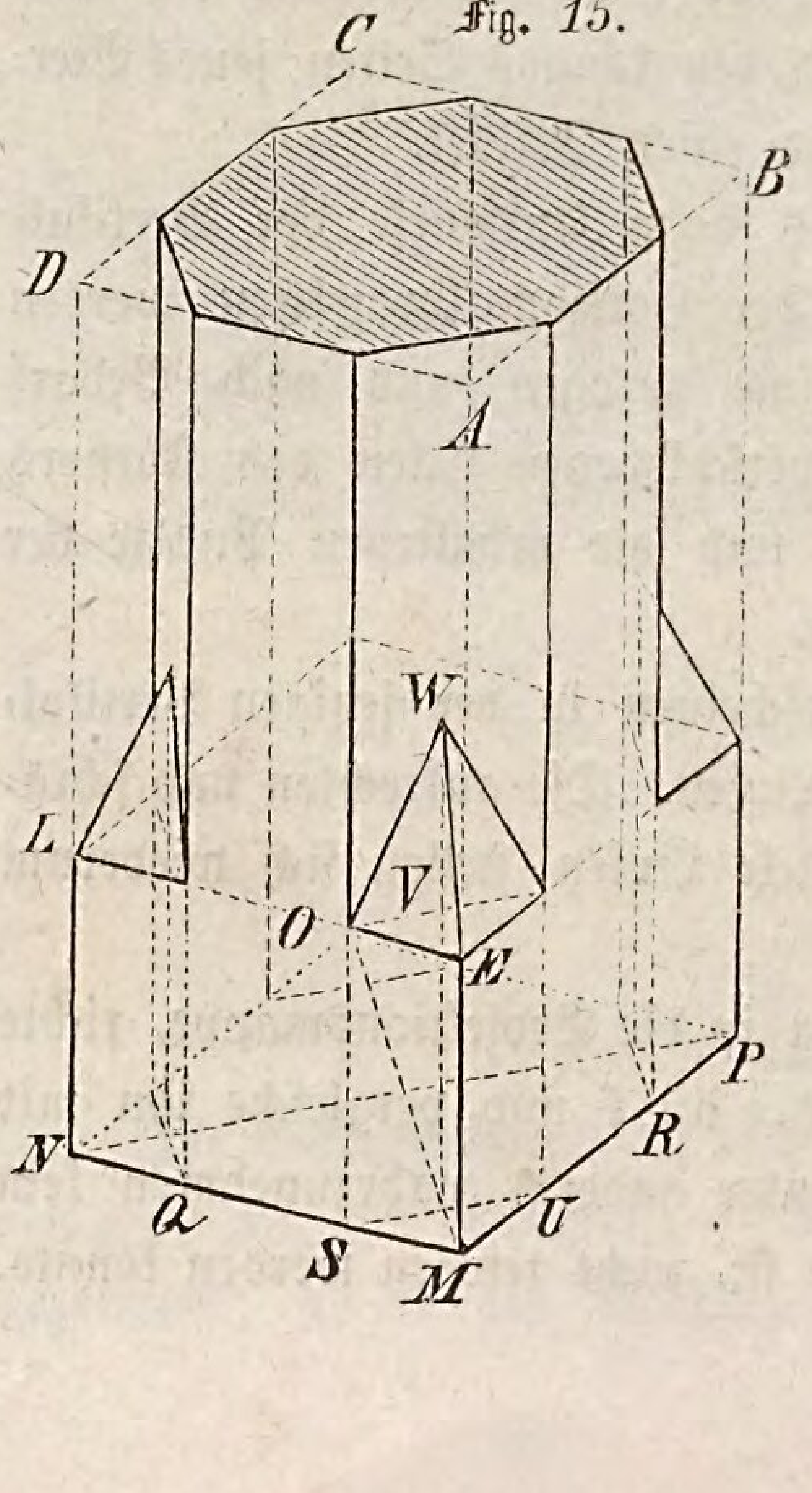


Fig. 15.



Vertikalprojektion *(c)*.

41. Hier hat die Grundlinie X nicht nur gegen die Horizontalprojektion, sondern auch gegen die Fronte des Zeichners eine schräge Stellung, von der wir annehmen wollen, sie sei durch äußere Verhältnisse bestimmt.

Von der vertikalen Bildfläche muß man sich jetzt denken, sie stände senkrecht über der Linie X, sei aber, zur Ausführung der Projektion, nach der linken Seite umgelegt worden. Uebrigens geschieht die Ausführung dieser Projektion ganz auf die vorige Weise, und sie wird auch zu ähnlichen Bemerkungen wie vorhin Veranlassung geben.

Vertikalprojektion *(d)*.

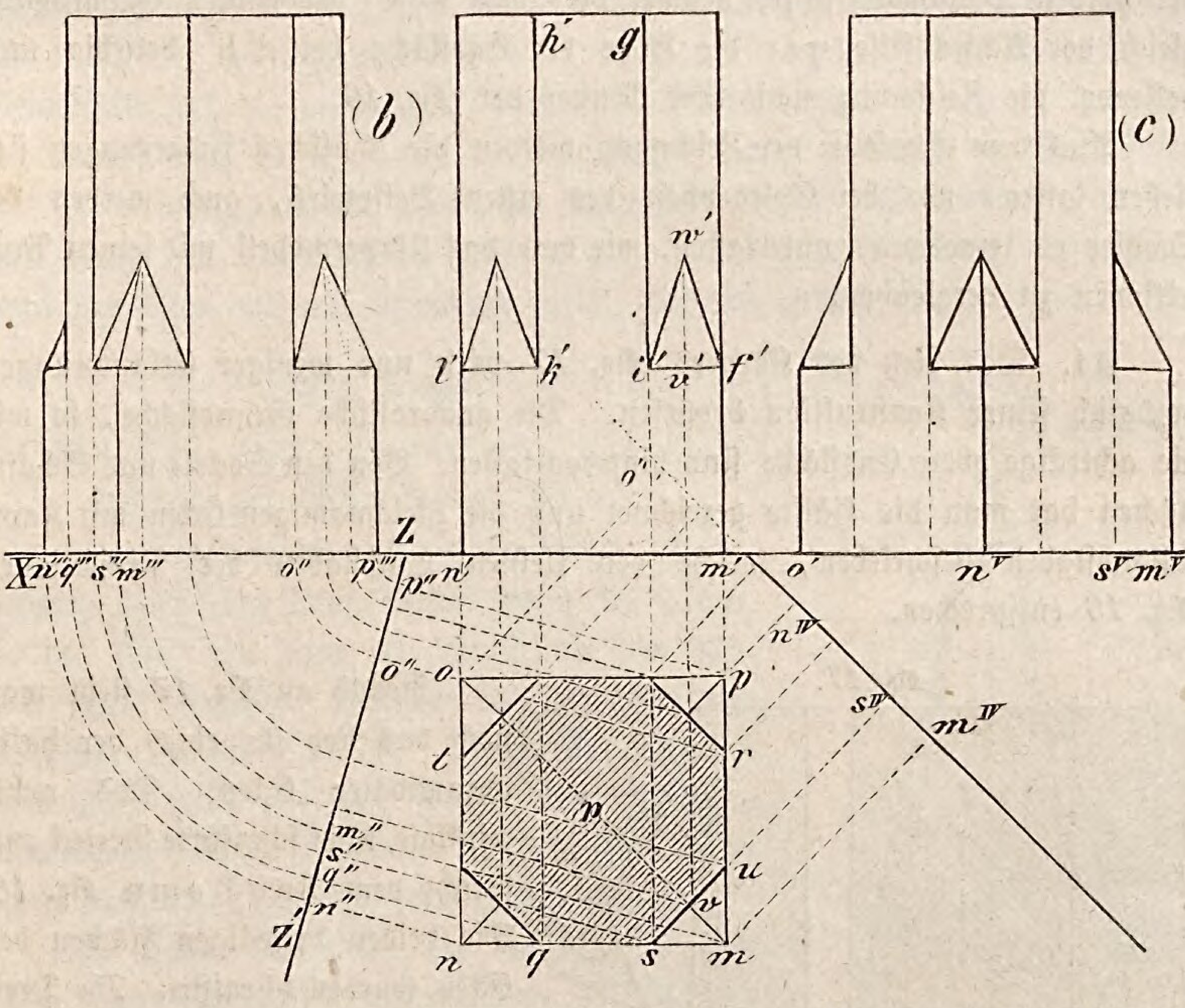
42. Ihre Grundlinie ist parallel mit d r Seite fg der Horizontalprojektion gestellt.

Fünf Flächen des Körpers projiciren sich jetzt als Linien und der Umriß des Ganzen hat die Form eines Rechteckes angenommen.

Zweites Beispiel.

43. Dazu soll uns ein Körper dienen von der Form eines Holz- oder Steinpfostens in seinem unteren Theile. Der Pfosten ist regelmäßig achteckig, sein Fuß oder Sockel aber hat eine quadratische Grundfläche. Den Uebergang aus dem viereckigen in den achteckigen Theil vermitteln vier an den Ecken des Sockels aufgesetzte halbe Pyramiden. Diese und manchfach verwandte Formverbindungen gehören der gothischen Architektur an. Wir wollen nachstehende Maße oder vielmehr Verhältnisse festsetzen: Höhe des Sockels gleich der halben Diagonale der Grundfläche; Höhe der kleinen Eckpyramiden gleich der Achtecksseite; Höhe des Schaftes im gegenwärtigen Falle beliebig.

Fig. 16.



Ausführung. Fig. 16.

Insofern es sich nur um Darstellung des Körpers handelt, wird man die vertikale Bildfläche nicht anders denn parallel zu einer Fläche des Sockels

stellen. Das Quadrat m n o p, welches die Grundfläche des Pfostens bildet, ward demnach so gezeichnet, daß die Seite n m desselben parallel steht zur Grundlinie X Y.

Ziehet die Diagonalen m o, n p.

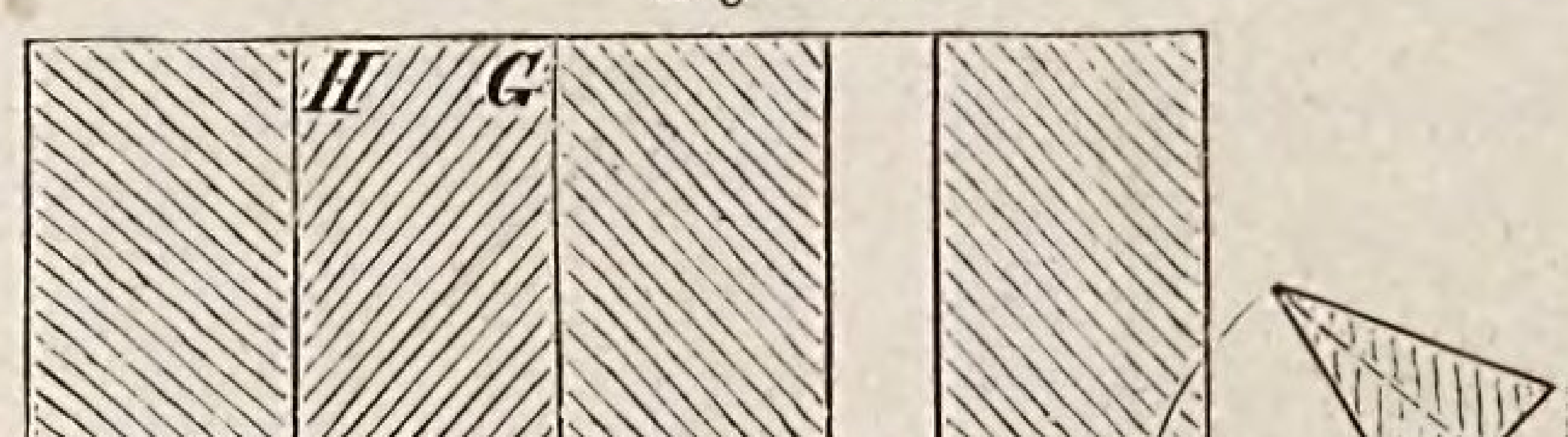
Die halbe Diagonale stechet von m nach q und r, von n nach s und t ꝛc. und vollendet alsdann das eingeschriebene Achteck (§. 52, S. 116). Aus den Punkten der Horizontalprojektion ziehet blinde Linien senkrecht in die Höhe.

Machet in der Vertikalprojektion die Sockelhöhe n′ l′ oder m′ f′ gleich der halben Diagonale m p; nehmet die Höhe v′ w′ der halben Eckpyramide gleich der Achtecksseite q s; die Höhe der Endfläche bei g′ h′ beliebig und vollendet die Zeichnung nach dem Muster der Fig. *16*.

Aus dem Ergebniß der Zeichnung werden die ähnlichen Folgerungen sich ziehen lassen, wie bei Gelegenheit des ersten Beispieles, auch werden die Schüler es keineswegs unterlassen, wie dort das Körpermodell mit seinen Projektionen zu vergleichen.

44. Das Netz des Körpers Fig. *17* wird nur weniger Erläuterungen bezüglich seiner Konstruktion bedürfen. Die quadratische Grundfläche, so wie die achteckige obere Endfläche sind hinweggelassen. Von den Sockel- und Schaftflächen hat man die Hälfte gezeichnet und die gleichnamigen Ecken mit Kapitalbuchstaben beschrieben, welche den kleinen Buchstaben der Projektionen Fig. *16* entsprechen.

Fig. *17.*



Rechts an Fig. *17* sieht man noch das Netz für eines der halbpyramidalen Ecken. Das rechtwinklige, nicht schraffirte Dreieck entspricht dem Dreieck s m u Fig. *16*. Die beiden dreieckigen Flächen des Eckes wurden schraffirt. Die Dreiecke sind gleichschenklig und jede der langen Seiten gleich der Seite I W.

Weitere Vertikalprojektionen der Fig. *16*.

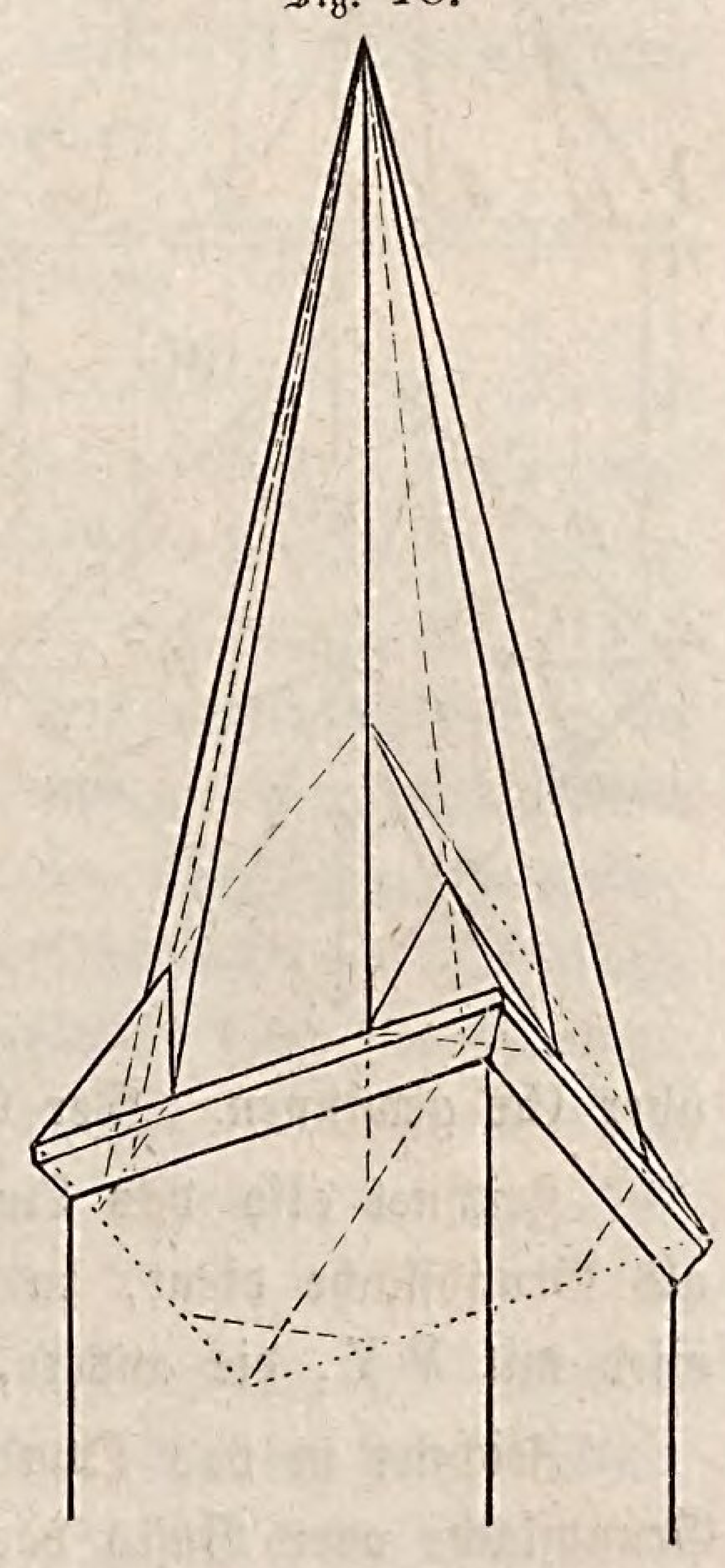
45. Links in der Figur hat man eine vertikale Bildfläche Z Z′ aufgestellt und die Punkte n p s m u ꝛc. darauf nach n″ p″ s″ . . . q″ projicirt. Die Bildfläche wurde aber nicht, wie die Fläche X Fig. *14*, unmittelbar auf die wagerechte Bildfläche niedergelegt, sondern zuvor gedreht, so daß die Grundlinie nach Z X fiel und die Punkte n″ p″ . . . q″ nach n‴ p‴ . . . q‴. Da nun an den Höhen sich nichts änderte, so hat die Vollendung der Projektion *(b)* keine weitere Erklärung vonnöthen.

Rechts wurde eine dritte Bildfläche angenommen, deren Grundlinie winkelrecht zu liegen kam gegen die verlängerte Diagonale n p. Die Punkte m s . . . n . . o wurden nach $m^{IV} s^{IV} \ldots n^{IV} \ldots o^{IV}$ projicirt und alsdann die Grundlinie auf die verlängerte Gerade X Z übertragen, so daß die genannten Punkte nach $m^{V} s^{V} \ldots n^{V} \ldots o^{V}$ zu liegen kamen. Durch die Vollendung der Projektion *(c)* erhielt man eine sogenannte Ansicht des Pfostens über Eck, auf welcher sich unter andern jene Fläche des achteckigen Schaftes, deren Horizontalprojektion mit s u bezeichnet ward, als eine gerade Linie darstellt.

Drittes Beispiel.

Verbindung einer viereckigen mit einer achteckigen Pyramide, Fig. *18*.

Fig. *18*.

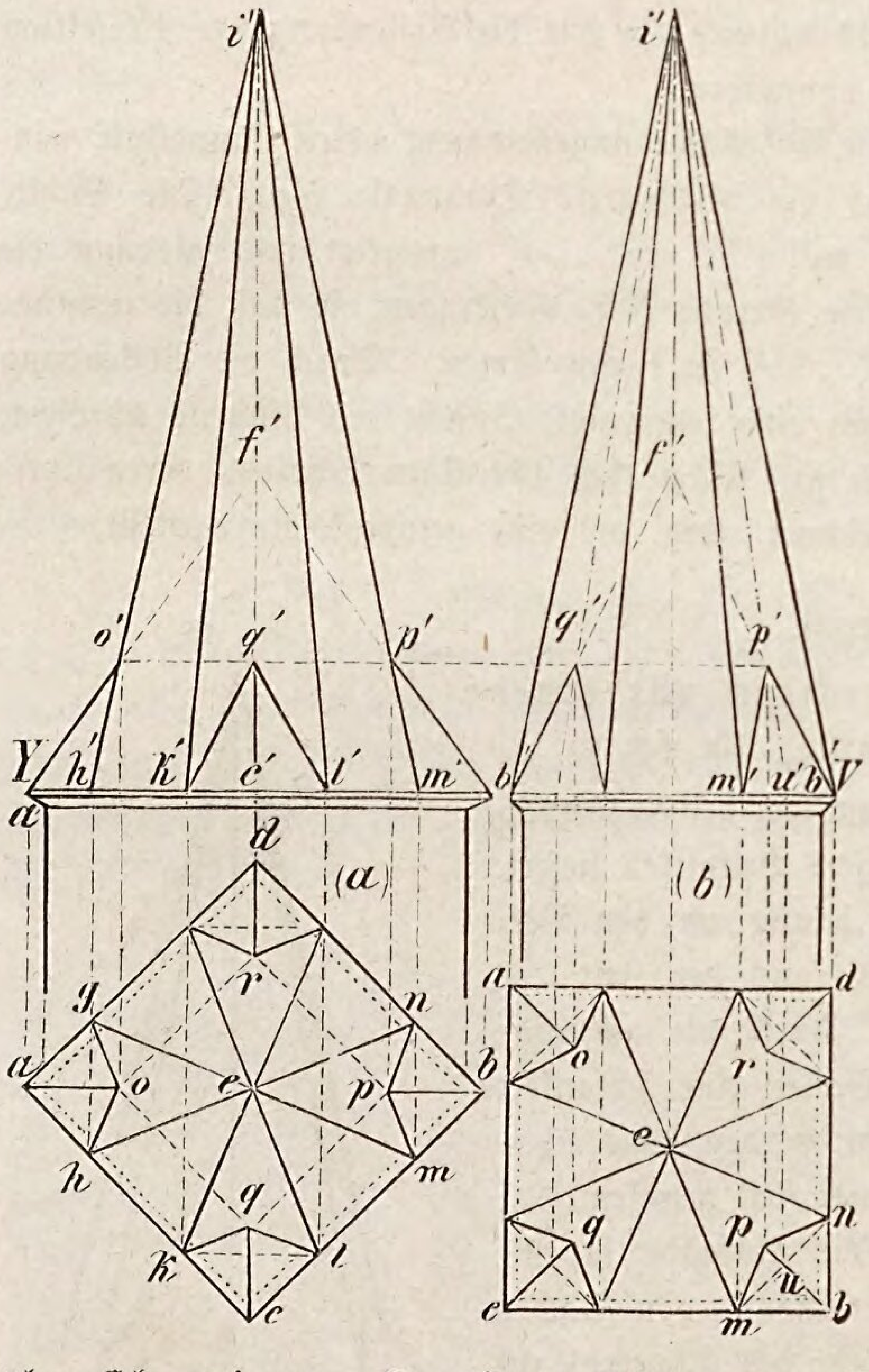


46. Die Zusammensetzung der beiden Körperformen, welche den Stoff unsers Beispieles liefert, ist der Art, wie man sie häufig an den Verdachungen viereckiger Thürme aus der Zeit des gothischen Baustyles sieht. Durch die achteckige Zuspitzung sollte für das Ganze eine schlankere anstrebende Gestalt gewonnen werden, was überhaupt artistische Intension jener Zeit gewesen.

Es stellte sich dabei die Aufgabe heraus, durch irgend eine passende Verbindung von Flächen aus der viereckigen Grundform des Thurmes zur achteckigen Zuspitzung überzugehen, beziehungsweise das Auge in gefälliger Weise von der einen Form zur andern überzuleiten. Dies geschieht hier in ähnlicher Art, wie bei Fig. *15* (S. 24), durch Ansetzen von dreikantigen Ecken, welche, nach Innen zu verlängert gedacht, sich als Theile einer

vierseitigen Pyramide zu erkennen geben. In dem gegenwärtigen Falle haben wir die Höhe dieser Pyramide gleich genommen der Seite des Quadrates, welches ihr als Basis dient. Der achteckige Theil überragt diese erste Pyramide noch um eine Höhe, welche gleiches Maß erhielt mit der Diagonale des Quadrates.

Fig. 19.



Ausführung. Fig. 19.

Diese wird sich in einigen Stücken von dem Vorhergehenden unterscheiden.

Für's Erste ist die Ebene, welche hier als horizontale Bildfläche dient, keine solche, von der man annehmen könnte, daß der dargestellte Körper auf ihr als einer festen Unterlage ruhe, sondern es ist jene Ebene, welche sich in der Vertikalprojektion als die gerade Linie VY darstellt; in ihr liegt der untere Dachrand oder die Dachtraufe.

Für's Zweite werden wir in der ersten Projektion (a) die vertikale Bildfläche diesmal nicht parallel mit einer der Thurmwände annehmen, sondern sie der Art stellen, daß wir als Vertikalprojektion eine Ansicht über Eck gewinnen. Der Grund hierzu wird alsobald erhellen.

Zeichnet also das Quadrat a c b d, welches der viereckigen Pyramide als Grundfläche dient, in solcher Stellung, daß die eine Gehr a b parallel wird mit VY, die andere, c d, also senkrecht auf dieser Linie stehe.

Zeichnet in das Quadrat das reguläre Achteck g h k l . . . . , welches die Grundfläche oder Basis der achteckigen Pyramide bildet.

Ziehet auch noch die Horizontalprojektionen der Kanten dieser letzten Pyramide, nämlich die Geraden g e m, h e n ... 2c.

Bis dahin kann für jetzt die Horizontalprojektion geführt werden.

Projicirt die Punkte des Quadrates und Achteckes auf die Grundlinie V Y nach a′ h′ k′ c′ .... 2c.

Die Länge einer Quadratseite, a c z. B., stechet von c′ aufwärts nach f′, so wird sich hierher die Spitze der viereckigen Pyramide projiciren.

Die Länge einer Gehr, a b z. B., stechet von f′ aufwärts nach i′, so wird hier die Projektion der Spitze des achteckigen Theiles sein.

Die Vertikalprojektionen der beiden Pyramiden, jede für sich betrachtet, können damit vollendet werden.

Markiret die Kreuzungspunkte o′ p′ der Linien a′ f′ und h′ i′, b′ f′ und m′ i′. Dem Punkte q′ gebet gleiche Höhe mit o′ und p′.

Ziehet k′ q′ und l′ q′.

Die Punkte o′ und p projiciret herab auf die Gerade a b nach o und p.

Die Entfernung e o oder e p traget von e nach q und auch nach r.

Ziehet die Linien g o h, k q l 2c.

Das Gesimse unter V Y in der Vertikalprojektion und das ihm entsprechend punktirte Quadrat in der Horizontalprojektion, welches die äußeren Thürwände andeutet, sind als beliebige Zugabe zu behandeln.

Einiges Erläuternde zu dieser Ausführung.

47. Vermöge unserer Anordnung mußten die zwei Achtecksseiten g h und n m rechtwinklig gegen V Y zu stehen kommen. Daraus folgte, daß diejenige Seite der achteckigen Pyramide, welche das Dreieck g e h als Horizontalprojektion hat, sich auf der vertikalen Bildfläche als die gerade Linie h′ i′ darstellen müsse; eben so die andere Seite mit der Horizontalprojektion n l m als die gerade Linie m′ i′. Deswegen mußte o′ auch die Vertikalprojektion desjenigen Eckpunktes sein, in welchem die Kante der viereckigen Pyramide, welche sich nach a e und a′ f′ projicirt, die genannte Dreiecksfläche durchdringt, und hierin findet also auch unser eingehaltenes Verfahren seine Begründung.

Damit hat sich in unserm Beispiele der Fall gezeigt, in welchem beide Projektionen eines Körpers sich gegenseitig ergänzten, so daß keine derselben unabhängig von der andern vollendet werden konnte.

Verglichen mit der nächsten Ausführung wird sich ferner noch ergeben, daß zum Entwurfe der Projektionen eine Ansicht über Eck *(a)* sich günstiger erwies als die gerade Ansicht *(b)*.

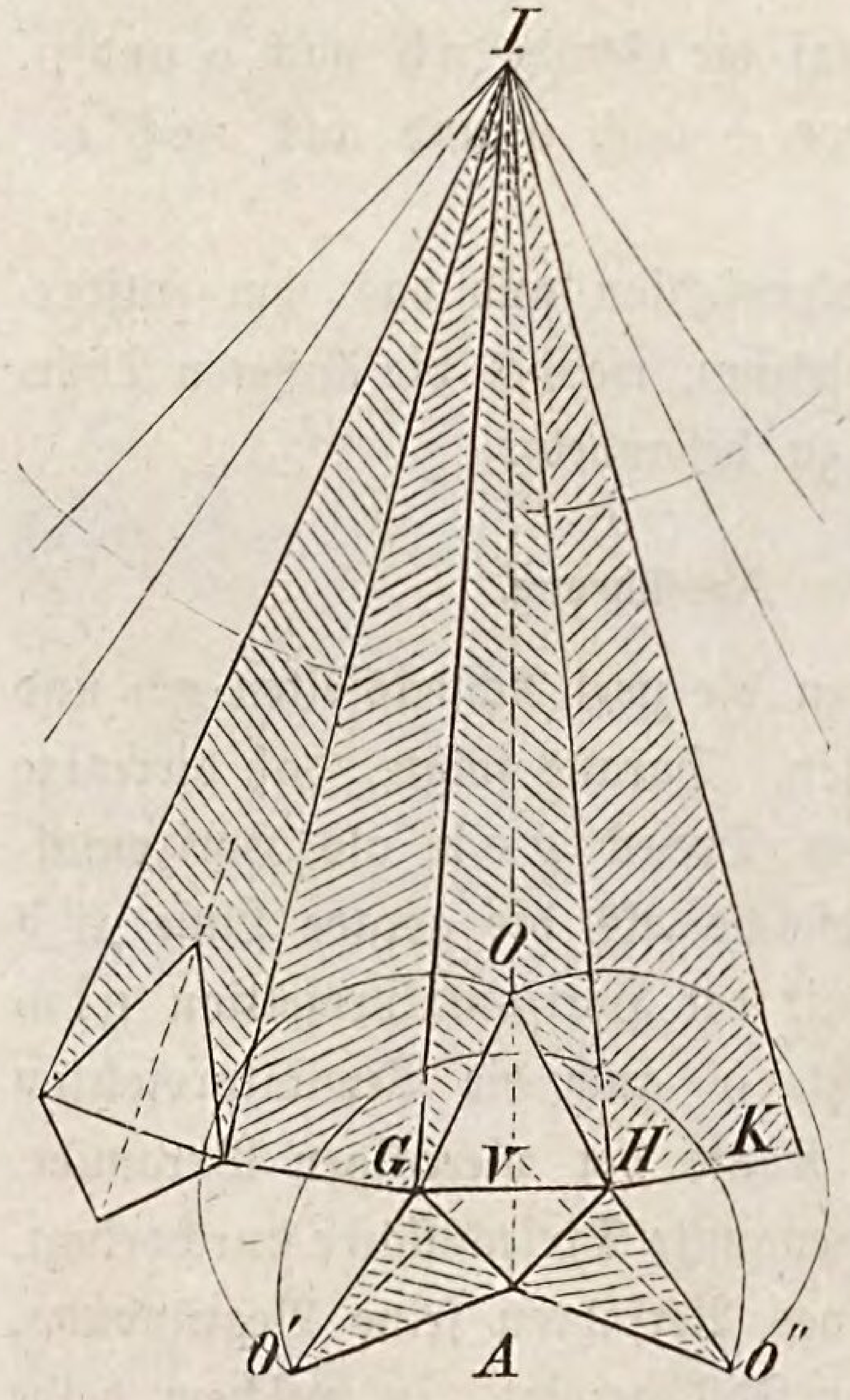
Diese Darstellung *(b)* bedarf auch nur in letzterem Bezuge der Erklärung, in Bezug nämlich auf die Bestimmung der Punkte p′, q′, p, q, insofern nämlich die Projektionen *(b)* unabhängig von den ersten *(a)* gezeichnet werden sollten.

Hier würde man in folgender Art urtheilen müssen: p′ liegt jedenfalls auf der Mittellinie des Dreieckes, dessen Projektionen m′ i′ b′ und m e n sind. Projicirt man daher die Mitte u der Achtecksseite m n nach u′ und ziehet u′ i′, so schneidet diese Hülfslinie auf b′ f′ den Punkt p′ ab 2c.

Das Netz zu Fig. *19 (a)*. Fig. *20.*

48. Eine Achtecksseite, g h z. B. Fig. *19*, trage man in Fig. *20* nach G H; in ihrer Mitte errichte man eine Senkrechte V I und gebe ihr eine Länge gleich h′ i′. Dann wird das gleichseitige Dreieck G I H an Gestalt und Größe gleich sein einer Seitenfläche der achteckigen Pyramide, weil die Höhe des Dreieckes, nämlich die Linie aus der Spitze nach der Mitte der Basis, sich bei h′ i′ in wahrer Größe darstellt.

Fig. *20.*



Sofort werde nun aus dem Punkte I als Centrum und mit einem Radius gleich der Seite I G oder I H ein blinder Kreisbogen beschrieben, die Seite I H als Sehne noch siebenmal auf den Bogen abgestochen und dann noch sieben dem ersten gleiche gleichschenklige Dreiecke gezeichnet. Dies wäre das Netz aller Seitenflächen der achteckigen Pyramide, dieselbe für sich allein betrachtet. Wir haben übrigens nur die Hälfte davon in Behandlung gezogen und sie schraffirt.

Bei GH liegt das Eck o′a′h′, o h a g, welches der viereckigen Pyramide angehört. Das Netz davon zu erhalten, traget die Höhe h′ o′ von V nach O, dann wird der Ausschnitt G O H die wahre Gestalt desjenigen zeigen, der sich nach g o h projicirt.

Das rechtwinklige Dreieck g a h zeichnet in G A H an die Basis G H.

Aus G und H und mit einem Radius gleich G O oder H O beschreibet zwei blinde Kreisbogen.

Weil endlich die Kante, deren Projektionen a o und a′ o′, sich hier, bei a′ o′ nämlich, in wahrer Größe zeigt, so nehmet dies a′ o′ als Radius in den Zirkel, beschreibet damit aus A als Centrum einen weiteren Kreisbogen, welcher die beiden vorigen in O′ oder O″ durchschneidet, so werden die zwei ungleichseitigen Dreiecke G O′ A und A O″ H die wahre Gestalt derjenigen darstellen, welche sich nach g o a und o a h projiciren ꝛc.

Runde und abgerundete Formen.

49. Es sind drei runde Körper, mit welchen die elementare Geometrie sich beschäftigt: die Walze (der Cylinder), der Kegel (Conus) und die Kugel (Sphäre). Diese Körper oder andere, welche aus Theilen von ihnen zusammengesetzt werden können, sollen auch für den gegenwärtigen Augenblick die Gegenstände unsers Studiums sein.

Was die Darstellung solcher Körper vermittelst ihrer Projektionen betrifft, so zeigt sich hinsichtlich der Umrisse sogleich jene Verschiedenheit zwischen ihrem und den eckigen Körpern, wovon bereits in §. 12 die Rede gewesen.

Hier näher darauf einzugehen, vergleiche man eine Kugel und etwa einen Würfel. Des letztern Umriß wird gebildet sein aus vier oder sechs geraden Linien, je nach seiner Lage gegen die Bildfläche. Jede dieser vier oder sechs Linien ist die Projektion einer Kante des Würfels.

Bei der Kugel, auf deren Oberfläche sämmtliche Punkte gleich weit vom Mittelpunkt entfernt liegen, kann der Umriß ihrer Projektion nichts Anderes sein denn ein Kreis von gleichem Durchmesser mit ihr. Dieser Kreis aber ist keineswegs das Bild einer auf der Kugel wirklich vorhandenen Linie, wol aber einer Linie, welche auf der Kugelfläche gedacht werden kann und die man unschwer als jenen größten Kreis der Kugel erkennen wird, dessen Ebene zur Bildfläche parallel liegt. In solchem Sinne pflegt man die Umrisse der Körper auch scheinbare Umrisse zu nennen.

50. Handelte es sich nicht um eine ganze Kugel, sondern um ein Stück derselben, dann kann der Gesammtumriß ihrer Projektion je nach den Umständen aus einem Theile des vorigen scheinbaren Umrisses bestehen und aus der Projektion von einem Theile des entstandenen Randes.

Bei der Walze wird bald zu erkennen sein, daß der scheinbare Umriß ihrer Projektion gebildet werde aus zwei Parallellinien, deren Abstand gleich ist dem Durchmesser der Walze, wozu noch Theile von den Projektionen der beiden Endflächen kommen.

Erstes Beispiel.

51. Projektionen eines aufrecht stehenden Cylinders, Fig. 21.

Zeichnet in der wagerechten Bildfläche einen Kreis *(m)* als Basis des Cylinders.

Ziehet rechtwinklig gegen die Grundlinie zwei Tangenten an den Kreis und verlängert dieselben nach aufwärts vorerst als blinde Linien.

Begrenzet diese Parallelen oberhalb durch eine wagerechte Linie in einer Höhe, welche gleich ist der Länge des Cylinders.

Fig. 21.

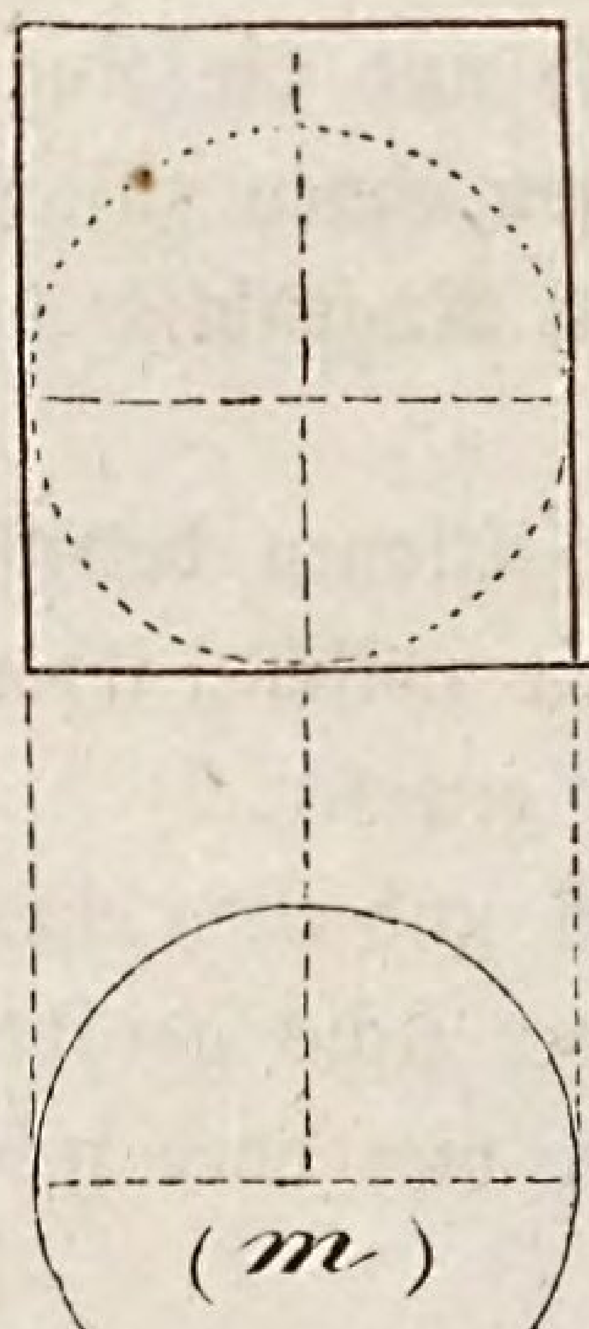


Fig. 22.

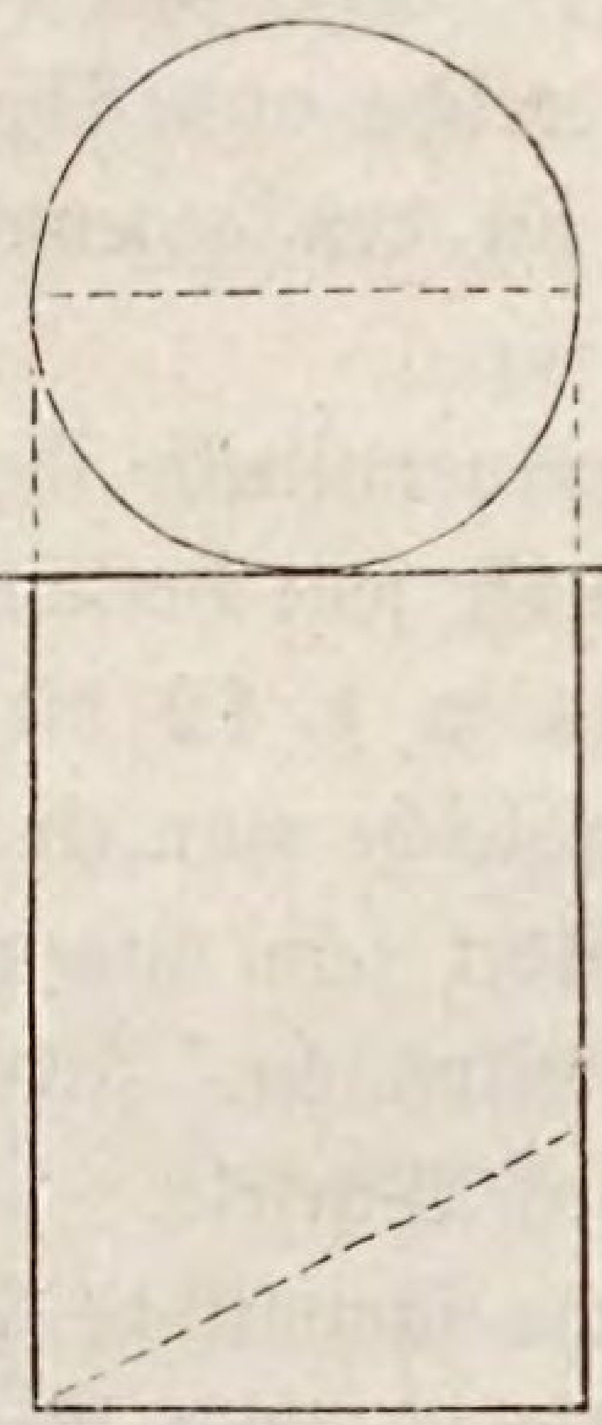
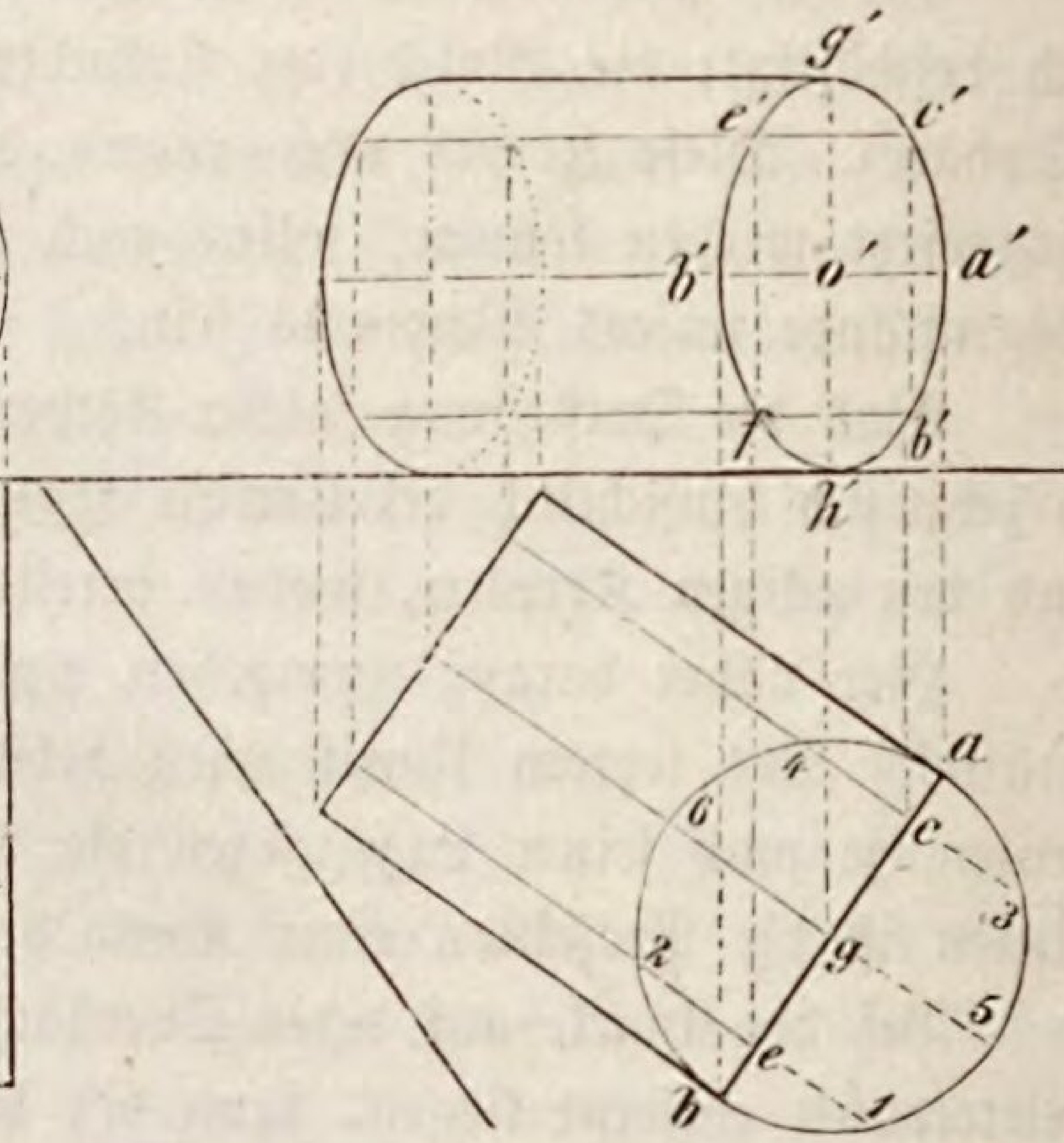


Fig. 23.



52. Vergleichet ein Modell des Cylinders mit seinen Projektionen unter Zurhandnahme der Projektionsmappe.

Der Kreis *(m)* kann als die wirkliche Basis des Cylinders betrachtet werden, auch als die Projektion seiner oberen Endfläche.

Der Kreisumfang ist die Projektion der runden oder gekrümmten Oberfläche des Cylinders.

In der Vertikalprojektion stellt die Basis sich dar als ein Stück der Grundlinie; die obere Endfläche als eine Parallele zur Grundlinie.

Die beiden senkrechten Parallelen bilden den scheinbaren Umriß.

Kein Punkt auf der Oberfläche des Cylinders kann sich außerhalb dieser Parallelen projiciren.

Die Berührungspunkte des Kreises *(m)* mit den senkrechten Tangenten sind die Horizontalprojektionen derjenigen zwei geraden Linien auf der Cylinderoberfläche, welche sich in der Vertikalprojektion als die scheinbaren Umrisse darstellen.

Anmerkung. Eine Anleitung, das Netz der Walze zu konstruiren, wird hier nicht gegeben, weil der Gegenstand im nächsten Abschnitte ausführlicher behandelt werden soll, als es im Augenblick angemessen erscheinen könnte. Uebrigens darf auch die Zeichnung eines solchen Netzes für den vorliegenden einfachen Fall, wo dasselbe aus einem Rechtecke nebst zwei Kreisen besteht, als bekannt angenommen werden.

53. Zusatz. In der Vertikalprojektion hat man noch einen Kreis gezeichnet von gleicher Größe mit *(m)*, zwischen die scheinbaren Umrisse und berührend an die Grundlinien. Beide Kreise zusammengenommen stellen die Projektion einer Kugel dar, welche in die Cylinderfläche einzuschreiben ist und mit ihrem untersten Punkte die wagerechte Bildfläche berührt.

Derjenige Durchmesser von *(m)*, welcher zur Grundlinie parallel steht, stellt die Horizontalprojektion desjenigen größten Kreises dar, welcher sich auf die vertikale Bildfläche als scheinbarer Umriß projicirt.

Andererseits ist hier der zur Grundlinie parallele Kreisdurchmesser die Vertikalprojektion desjenigen größten Kreises der Kugel, dessen horizontale Projektion dort den scheinbaren Umriß bildet.

Zweites Beispiel. Fig. *22*.

54. Die Walze oder der Cylinder ist hier so gestellt, daß er auf der wagerechten Bildfläche ruht, während seine Axe oder Mittellinie einen rechten Winkel macht mit der vertikalen Bildfläche.

Würde man die Zeichnung umkehren, das Oberste zu unterst, so wäre vollständig der Fall von Fig. *21* wiederhergestellt. Darum gilt Alles, was dort von der vertikalen Projektion gesagt worden, jetzt von der horizontalen, und umgekehrt.

Wäre die Walze vorn in vertikaler Richtung schräg abgeschnitten, wie die punktirte schräge Linie es andeutet, so würde dies die beiden Projektionen nicht weiter ändern.

Drittes Beispiel. Fig. *23*.

55. Die Walze ruht hier abermals mit ihrer untersten geraden Linie auf der wagerechten Bildfläche, aber ihre Axe ist schräg gestellt gegen die vertikale Bildfläche.

Zuerst ward das Rechteck gezeichnet, welches die horizontale Projektion der Walze vorstellt.

Dann dachte man sich, einer der zwei Kreise, welche die Grund- und Endfläche bilden, sei von der Walze abgelöst und um seinen wagerechten

Durchmesser so gedreht worden, daß er selbst wagerecht liegt. Auf der rechten Seite der Horizontalprojektion ist dies ausgeführt.

Den umgelegten Kreis hat man, von a oder b anfangend, in acht (oder mehr oder weniger) gleiche Theile getheilt, die Theilpunkte mit 1, 2, 3, 4, 5, 6 beziffert und durch die Punkte gerade Linien rechtwinklig gegen a b gezogen. Man denkt sich den Kreis jetzt wieder um a b gedreht und aufgerichtet, daß er in seine ursprüngliche Lage kommt. Wenn dies geschehen, werden 1 und 2 sich nach e projiciren; 3 und 4 nach c; 5 und 6 nach g. Dabei ersieht man leicht, daß die Entfernungen e 1 oder e 2, g 5 oder g 6 2c. angeben, wie hoch oder wie tief die Kreispunkte über oder unter den wagerechten Durchmesser zu liegen gekommen sind.

Daraus ergiebt sich für die Vertikalprojektion folgende Konstruktion:

Aus a c g e d ziehet die projicirenden Linien senkrecht in die Höhe.

Den Kreishalbmesser stechet von h′ nach o′ und noch einmal von o′ nach g′.

Ziehet durch o′ und g′ wagerechte Linien.

Die Längen e 1 oder e 2 traget von a′ b′ aufwärts nach e′ und c′ oder abwärts nach f′ und b′ 2c.

Durch die Punkte a′ c′ g′ e′ . . . f′ ziehet den Umfang einer Ellipse, so ist dies die Vertikalprojektion der vorderen Endfläche des Cylinders. Die Projektion der hinteren Endfläche, deren Punkte mit den entsprechenden vorderen gleiche Höhe haben, wird in Bezug auf ihre Konstruktion aus der Figur zu entnehmen sein.

Stellet auch jetzt wieder die Vergleichungen in der Projektionsmappe an.

Viertes Beispiel. Fig. *24*.

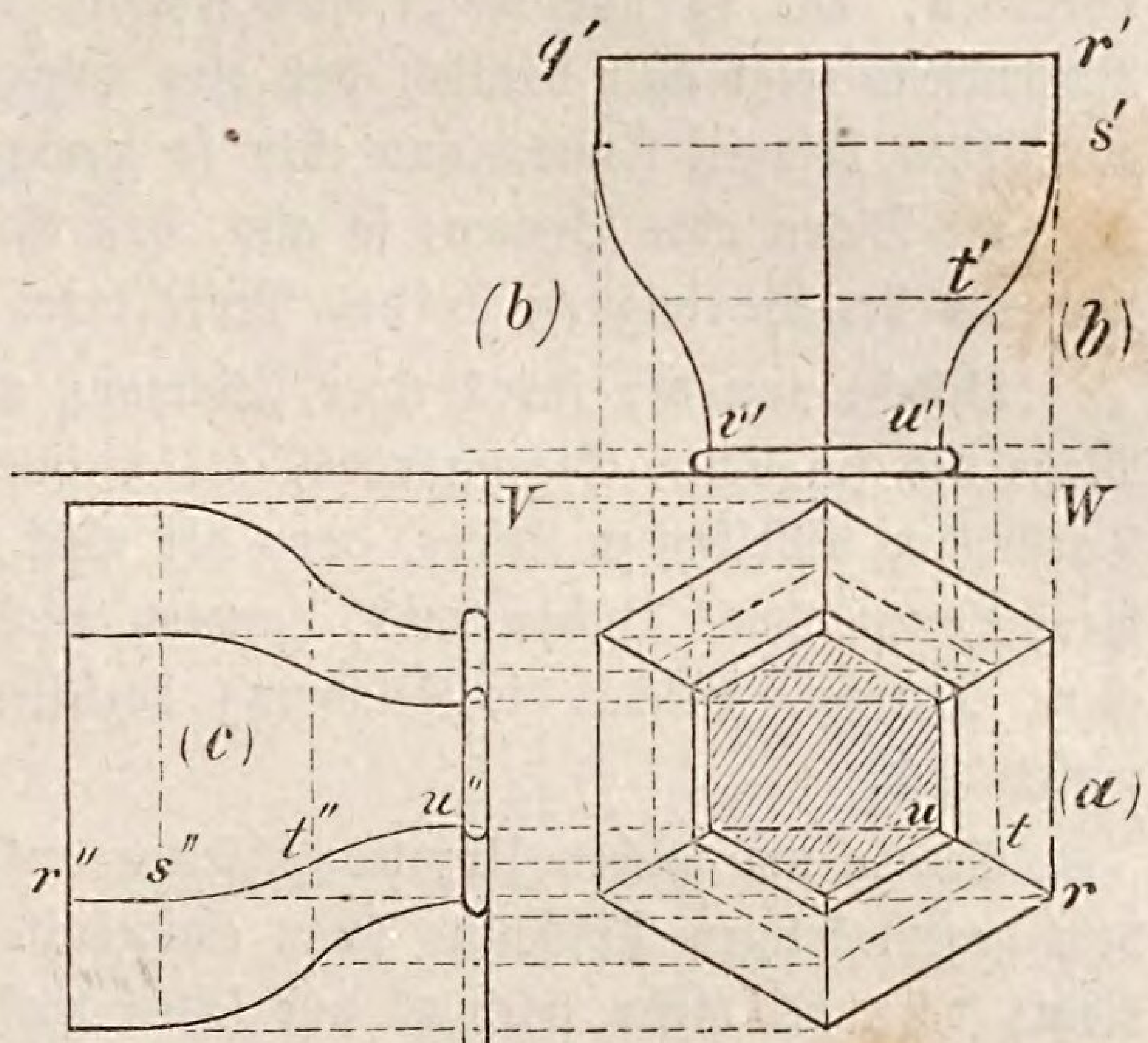
56. Ein sechskantiger Körper, welchen man etwa als den Knauf auf einem sechseckigen Pfosten betrachten kann.

Die Horizontalprojektion desselben *(a)* ist so gezeichnet, als ob der Körper umgekehrt worden wäre und auf seiner oberen Endfläche ruhe, oder als ob er von unten gesehen würde. Man pflegt solche Behandlung in Fällen, wie der gegenwärtige, anzuwenden, wo bei aufrechter Stellung des Körpers die ganze Horizontalprojektion durch die obere Endfläche verdeckt, also nur diese selbst sichtbar sein würde.

Der Entwurf kann mit der Projektion *(a)* begonnen werden, indem man das äußere reguläre Sechseck zeichnet in der Stellung, daß zwei Seiten desselben gegen die Grundlinie rechtwinklig stehen. Dies Sechseck projicirt sich

nach q′ r′ in gegebener Höhe über der Grundlinie. Nun kann der Umriß r′ s′ t′ u′ entworfen und auf der linken Seite symmetrisch wiederholt werden. Von r′ bis s′ ist dieser Umriß geradlinig; von r′ bis u′ hat er die umgekehrte Karniesform (Bd. I, S. 141), wovon t′ der Beugungspunkt ist.

Fig. 24.



Durch die Breite v′ u′ bestimmt sich das innere schraffirte Sechseck der Projektion *(a)*, welche nun vollendet werden kann.

Dies innere punktirte Sechseck ist vorerst zu betrachten, als läge es in der Ebene v′ u′. Es kann aber auch für jenes gelten, welches in der Ebene der Grundlinie VW liegt. Dies letzte Sechseck ist auch die Berührungsfläche mit dem sechseckigen Pfosten, auf welchen der Knauf zu stehen kommen soll. Man hat dasselbe in *(a)* schraffirt, um diese letzte Bestimmung dadurch anzuzeigen.

Zur Vollendung der Projektion *(b)* bleibt nur noch das Stäbchen unter v′ u′ zu zeichnen.

In der Projektion *(a)* sind noch die Stücke von sechs Radien zu ziehen, welche zwischen dem inneren und äußeren Sechseck liegen. Endlich ist hier auch das zwischenliegende, stark ausgezogene Sechseck beizufügen, welches die Grenze des letztgenannten Stäbchens bildet.

Ueber die Seitenprojektion *(c)* sei nur angeführt, daß unter andern die Punkte r′, s′, t′, u′, nachdem sie herabprojicirt wurden nach r t u, sich jetzt hinüberprojiciren nach r″ s″ t″ u″ und daß sie gleiche Höhe erhalten wie in *(b)*.

Ausführung der schrägen Projektion.

57. Eine Darstellung vermittelst der geraden Projektion gewährt Demjenigen, welcher sie zu benutzen hat, den großen Vortheil, daß er aus der Horizontalprojektion die Maße der Länge und Breite, aus der Vertikalprojektion die Maße der Höhe unmittelbar und mit Sicherheit entnehmen kann

aus beiden Projektionen also die drei Hauptabmessungen eines jeden Gegenstandes technischer Zeichnung. Diese Verhältnisse finden ihren Grund darin, daß in der Horizontalprojektion alle aufrechtstehenden Flächen sich als Linien darstellen, wie es alle wagerechten Flächen in der Vertikalprojektion thun. Rückwirkend folgt aber daraus, daß eine Horizontalprojektion gar nichts über die Höhen besagen könne, und eben so wenig eine Vertikalprojektion etwas über die Dicken oder Breiten; so also, daß die vollständige Formbeschreibung nur aus der Vereinigung beider Projektionen hervorgeht.

Besteht nun der Zweck einer Zeichnung nicht sowol darin, die richtigen Maße des fraglichen Gegenstandes, als vielmehr eine übersichtliche, bildliche Darstellung desselben zu liefern, dann hat nicht nur das stete Vergleichen zweier Projektionen etwas Unbequemes, sondern auch der geschriebene oder gesprochene Vortrag, welcher die Zeichnung begleitet, wird dadurch gedehnt und umständlich.

Gerade um solchen Unzuträglichkeiten auszuweichen, haben wir uns in dem gegenwärtigen Abschnitte schon einigemale der schrägen Projektion bedient; denn bei dieser wird es nur selten vorkommen, daß Flächen sich als Linien projiciren; sie liefert also in einer einzigen Darstellung Angaben oder wenigstens Andeutungen über alle drei Hauptdimensionen der Körper. Da nun unsere Schüler über die gerade Projektion im Allgemeinen unterrichtet sind, mag ihnen einige Anleitung auch über die Ausführung der schrägen Projektion nicht länger vorenthalten bleiben, zumal da mittelst dieser Vorkenntnisse der Uebergang von einer Projektionsart zur andern leicht zu bewerkstelligen ist.

58. Wir erinnern wiederholt an die drei Stücke, welche zur Ausführung einer Projektion gegeben sein müssen:

1) der Körper, welchen man projicirt;

2) die Bildfläche, worauf er projicirt werden soll, und

3) die Art der Projektion.

Zu 1). Als Körperform wählen wir jene einfache eckige Gestalt, welche man in der Geometrie ein Parallel-Epipedon nennt und dessen Oberfläche von sechs paarweise gleichen Rechtecken gebildet wird. c d e f und a′ b′ d′ c′ (Fig. 25, S. 37) seien dessen gerade Projektionen. c f und d e stehen rechtwinklig gegen die Grundlinie XY.

Zu 2). Als Bildfläche haben wir hier, wie stets, eine vertikale, d. i. aufrechtstehende Ebene angenommen, und zwar eine mit der Seite c f parallel

Fig. 25.

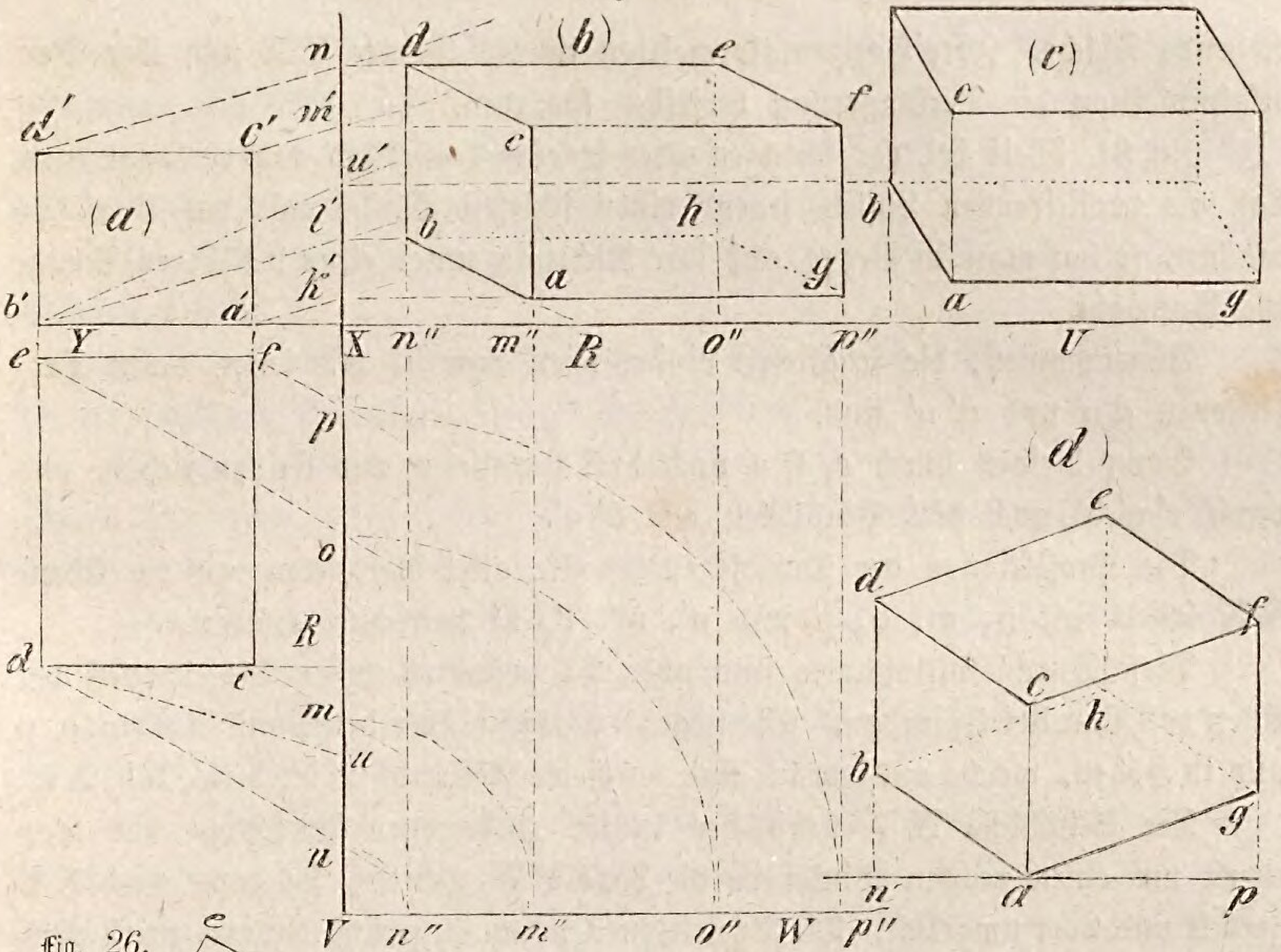


Fig. 26.

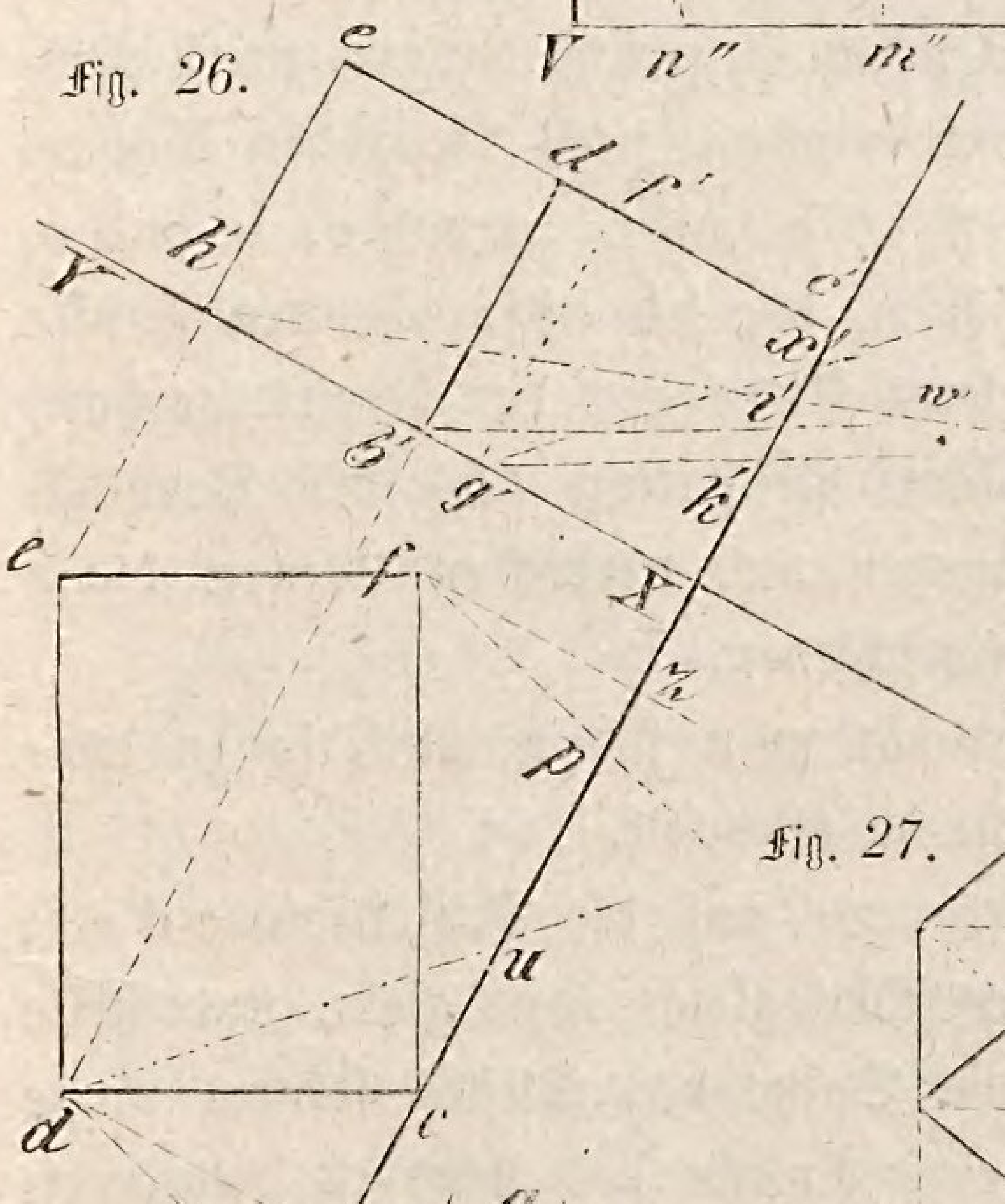
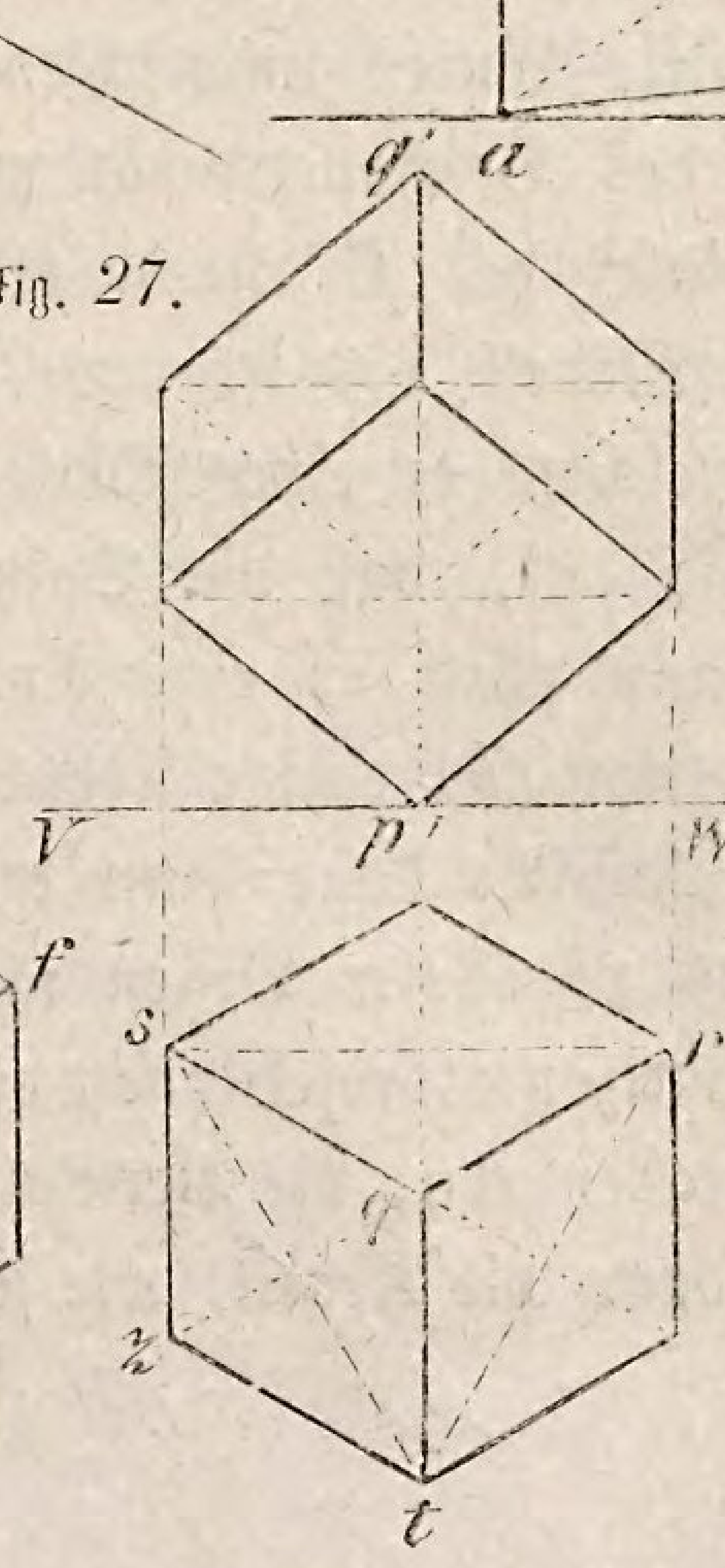


Fig. 27.



stehende Fläche. Ihre Horizontalprojektion ist die Gerade VX und ihre Vertikalprojektion die Verlängerung derselben Geraden.

Zu 3). Weil bei der schrägen oder schiefen Projektion nur verlangt wird, daß die projicirenden Linien irgend einen schiefen Winkel mit der Bildfläche machen, so hat man in Bezug auf ihre Richtung unter einer beliebigen Menge die Auswahl.

Angenommen, die fraglichen Linien seien parallel mit jener, deren Projektionen d n und d′ n′ sind.

Dann bleiben durch c, f, e noch drei Parallelen mit d n zu ziehen, und durch c′ a′ b′ noch drei Parallelen mit d′ n′.

Die Projektionen der Durchschnittspunkte aller Parallelen mit der Ebene VX sollen mit n, m, o, p und n′, m′, l′, k′ bezeichnet werden.

Diese Durchschnittspunkte sind aber die gesuchten neuen Projektionen der Ecken des Parallel-Epipedon. Sie liegen paarweise über den Punkten n, m, o, p und in Höhen, welche ausgedrückt sind durch die Abstände Xn′, Xm′, Xl′, Xk′.

Die Bildfläche XV nebst der in ihr enthaltenen Projektion hat man zuerst um einen rechten Winkel in die Lage VW gedreht, sie dann nach XU gerückt und dort umgelegt. Die Projektionen n, m, o, p sind dadurch zuerst nach n″, m″, o″, p″ zu liegen gekommen und hatten immer noch die Höhen Xn′ ꝛc. Nach der Umlegung fanden sie ihre Stellen in b und d, a und c, h und e, g und f, und zwar abermals in gleichen Höhen, wie die entsprechenden Punkte n′, m′ ꝛc. der Projektion *(a)*. Durch stärkeres Ausziehen der bereits vorhandenen blinden Linien vollendet sich die schiefe Projektion *(b)* des Parallel-Epipedon. Es sind dabei wieder die sichtbaren und verdeckten Kanten durch voll ausgezogene und punktirte Linien unterschieden.

59. Den Standpunkt des Beschauers hat man sich nämlich so zu denken, daß der Körper ihm hinter der Bildfläche erscheint.

Der Schüler setze ein Modell des Körpers auf die Projektion c d e f, errichte in n einen Stift, welchem er eine Höhe gleich Xn′ giebt, und stelle sich in einiger Entfernung so auf, daß die Spitze des Stiftes seinem Auge das Eck d, d′ verdeckt, dann wird er eine Ansicht des Körpers gewonnen haben, welche mit der Projektion *(b)* einige Aehnlichkeit hat. Ich sage einige Aehnlichkeit, denn für das physische Auge kann die perspektivische Wirkung des scheinbaren Zusammenlaufens paralleler Linien nie ganz verschwinden.

60. Würde man die Horizontalprojektionen der schräg-projicirenden Linien parallel nehmen zu der Geraden d u, die Vertikalprojektionen parallel zu der Geraden b′ u′, und führte dann die Arbeit, wie soeben, zu Ende, dann würde

die Figur *(c)* als abermalige schiefe Projektion des Parallel-Epipedon auf der nämlichen Bildfläche zum Vorschein kommen. So steht es im Belieben des Zeichners, durch veränderte Richtung der schräg projicirenden Linien unbegrenzt viele, unter sich verschiedene Ansichten des Körpers zu gewinnen.

61. Aus solchen Konstruktionen werden sich nachstehende Folgerungen ableiten lassen:

1. Gerade Linien, welche mit der Bildfläche parallel stehen, behalten auch in der schrägen Projektion die gleiche Richtung.

So unter andern werden vertikale Linien sich stets wieder als vertikale Linien projiciren, und Linien, welche mit der Grundlinie parallel laufen, behalten auch in der Projektion diese Richtung.

Anmerkung. Daß überhaupt parallele Linien sich wiederum als Parallele darstellen, ist bereits (§. 20) gesagt worden.

2. Ebene Flächen, welche mit der Bildfläche parallel stehen, projiciren sich in wahrer Gestalt und Größe.

62. In Bezug auf diesen letzteren Satz soll noch besonders hervorgehoben werden, wie in allen Projektionen *(b)*, *(c)* die Fläche a c f g und ihre entsprechende b d e h gleiche Größe haben mit den Seiten des Parallel-Epipedon, welche in der Horizontalprojektion von Fig. *(a)* als die geraden Linien c f, d e erscheinen. Die Darstellungen *(b)*, *(c)* ꝛc. sind darum alle gerade Ansichten des Körpers in schräger Projektion; denn in jeder Darstellungsweise, auch in der perspektivischen, nennt man „gerade Ansicht" eines Gegenstandes diejenige, wobei die Bildfläche parallel steht mit einer der vertikalen Hauptseiten desselben.

63. In der Darstellung *(a)* haben wir die schräg projicirenden Linien aller Ecken des Körpers gezeichnet, nämlich die Linien d n, c m ꝛc., d′ n′, b′ l′ ꝛc., jedoch nur der Einsicht in die Sache wegen, weil, praktisch genommen, es unnöthig war. Denn hatte man in der Darstellung *(b)* die zwei Punkte a und b auf die angegebene Weise festgesetzt, so mußte a g parallel mit der Grundlinie gezogen werden und die wahre Größe c f aus der Projektion a erhalten. Eben so mußte die Höhe a c ihre wahre Größe a′ c′ aus jener Projektion bekommen. Mit den Linien a g, a c und a b in Fig. *(b)* sind aber die anderen alle zu drei und drei parallel, also bedurfte es keines weiteren Suchens, sie zu erhalten. Ja es war bei einem so einfachen Körper, wie das Parallel-Epipedon, gar nicht nöthig, irgend eine Hülfskonstruktion anzuwenden. Denn wenn beachtet werden will, daß der Punkt b in der Fig. *(c)* eine andere Lage gegen die Grundlinie a g hat als in Fig. *(b)*, und daß

diese Lage von b wiederum eine andere würde mit jeder veränderten Richtung der schräg projicirenden Linien, so wird auch ersichtlich sein, wie, nachdem das Rechteck a f g c in wahrer Größe gezeichnet war, der Punkt b beliebig wo angenommen und dann das Ganze vollendet werden konnte. Für die Wahl von b war es dann maßgebend, ob man den Flächen a d, c h mehr oder weniger Entwicklung geben wollte.

Wäre nachträglich die Frage entstanden, welche Richtung dann die schräg projicirenden Linien haben müßten, damit eine solche Lage von b zum Vorschein käme wie die gewählte, so würde einfach geantwortet werden: Verlängert in *(b)* b a bis nach R an die Grundlinie, desgleichen verlängert in Fig. *(a)* d c bis R, so hat R in beiden Darstellungen die gleiche Bedeutung. Verlängert d b herab bis n″ und traget R n″ in Fig. *(a)* von R nach n, so ist die Richtung d n bestimmt. Stechet die Höhe n″ b von X nach l′, so setzt sich dadurch die Richtung b′ l′ fest.

Ausführung der schrägen Ansicht bei schräger Projektion.

64. Die Figuren *(d)*, *(e)*, *(f)* geben solche Ansichten unsers Parallel-Epipedon, und Fig. *26* soll zur Erläuterung ihrer Konstruktion dienen.

In dieser letzteren Zeichnung gleicht die Horizontalprojektion c d e f des Körpers völlig jener von Fig. *25*. Aber die Bildfläche V X, worauf die schräge Projektion entworfen werden soll, bildet mit der Kante c f irgend einen schiefen Winkel und geht, der Einfachheit wegen, durch das Eck c des Körpers.

Die Höhen unserer schrägen Projektion zu gewinnen, bedarf es zuerst einer geraden Hülfsprojektion, deren Ebene X Y mit V X einen rechten Winkel bildet. Diese Projektion a′ b′ e′ h′ c′ X wird keine nähere Erklärung fordern.

Die schräg projicirenden Linien seien auf der wagerechten Bildfläche angegeben durch die Parallelen d n, f p 2c., auf der vertikalen Bildfläche durch b′ l′, g′ k′ 2c.

Sofort sind aus Fig. *26* die Abstände n c, c p zu entnehmen, gleichwie die Höhen X l′ X k′, X c′ und in Fig. *(d)* aufzutragen, nämlich: n c von dem beliebig genommenen Punkte n′ der Grundlinie nach n′ a, c p von a nach p′. Nachdem in allen drei Punkten senkrechte Hülfslinien errichtet worden, ist die Höhe X l′ von n′ nach b zu stechen, die Höhe X k′ von p′ nach g; zuletzt die Höhe X c′ von a nach c.

Hat man die Punkte a und g, a und b, a und c verbunden, so ist alles Nöthige zur Vollendung der Projektion *(d)* vorhanden, weil je drei der übrigen Kanten mit einer der genannten drei parallel sein müssen.

65. Werden in Fig. *26* die schräg projicirenden Linien parallel genommen mit d u, bezüglich mit h′ w′, dann ergiebt sich durch Wiederholung des Verfahrens die schräge Ansicht Fig. *(e)*, welche zwar nicht durch Wohlgefälligkeit sich auszeichnet, übrigens auch nur zeigen soll, wie verschieden diese Ansichten sich gestalten je nach der Richtung, welche man den projicirenden Linien giebt.

66. Unter diesen Richtungen zeichnet eine sich aus durch das Ergebniß, welches sie liefert.

Man stelle in der Horizontalprojektion die fraglichen Linien, als d y, f z, rechtwinklig gegen die Grundlinie V X und lasse sie in der Vertikalprojektion wie g′ x′ halbe rechte Winkel mit der Grundlinie X Y bilden.

Die Folgen daraus zu übersehen, denkt euch, daß f ein Punkt der Grundfläche des Parallel-Epipedon sei, der sich also nach g′ auf die Bildfläche X Y projicirt. Seine schräge Projektion auf der Bildfläche V X dagegen liegt über z in einer Höhe X x′, welche gleich ist dem Abstande X g′, also auch gleich dem Abstande f z. Denkt euch jetzt, daß die Bildfläche V X gedreht sei, um nach der linken Seite hin auf die wagerechte Bildfläche niedergelegt zu werden; alsdann wird die fragliche Projektion genau wieder auf den Punkt f fallen müssen. Hatte man vor dem Umlegen der Ebene V X auf dieselbe nicht nur das Eck f schräg projicirt, sondern die ganze Grundfläche f c d e, so wird die erhaltene Projektion nach dem Umlegen auf das Viereck f c d e selber fallen und es vollkommen decken. Also endlich muß die schräge Projektion dem Rechteck f c d e gleich sein und dieselbe Lage wie dieses gegen die Grundlinie V X haben.

Zur Ausführung der Projektion *(f)* bedarf es somit keiner weitern Vorbereitung als der Angabe oder der Wahl des Winkels X c f. Hat man diesen bei g a z angetragen, so bleibt das Rechteck g a b h gleich dem Rechteck f c d e zu zeichnen, der Senkrechten a c ihre Höhe X c′ zu geben und alsdann weiter nach Anleitung der Fig. *(f)* die Projektion zu vollenden.

Die schräge Ansicht mit der geraden verglichen.

67. Betrachtet man zu diesem Zwecke die Darstellungen *(d)* und *(b)* oder *(c)*, so wird in die Augen fallen, daß auf ersterer keine Fläche des Parallel-Epipedon in wahrer Gestalt erscheine, sondern alle drei sichtbaren Seiten desselben in einer gewissen Verschiebung. Dafür hat *(d)* den Vortheil eines minderen Umfanges und einer gleichmäßigeren Entwickelung aller drei Flächen, und steht auch der perspektivischen Wirkung näher als *(b)*. Es wird

darum für das Auge weniger Gezwungenes haben wie dies Letztere. Beim Anblick der Darstellung *(f)* wird man den praktischen Nutzen derselben nicht verkennen, denn es ist hier gar keinerlei Vorbereitung nöthig, indem die Horizontalprojektion unverändert, nur in schräger Stellung entworfen und von da aus jedem Punkte des Gegenstandes seine wahre Höhe gegeben wird. Die Darstellungsart zu bezeichnen, werden wir sie „schräge Projektion mit unverändertem Grundrisse" nennen.

Noch ein Wort über die sogenannte isometrische Projektion.

68. Isometrisch bedeutet hier so viel als „gleiches Maß haltend"; die Darstellungsart aber, welcher ein Engländer den Namen gegeben, sieht zwar einer schrägen Projektion ähnlich, ist aber nichts anderes als eine gerade Projektion auf einer schräg stehenden Bildfläche.

Nehmet einen Würfel zur Hand und stellet ihn der Art auf eines seiner Ecken, daß das entgegengesetzte Eck senkrecht darüber liege. Betrachtet ihn in dieser Stellung gerade von oben, so wird ersichtlich sein, wie der Umriß der Horizontalprojektion des Würfels ein reguläres Sechseck sein müsse, in dessen Mittelpunkt die untere Spitze steht, und welcher also auch die Projektion des entgegenstehenden oberen Würfeleckes ist. Denn die drei Würfelkanten, welche in diesem Eck zusammenlaufen, haben jetzt gleiche Neigung gegen die wagerechte Bildfläche. Eben so verhält sich's mit den drei Kanten des untersten Eckes, welche den obersten paarweise parallel sind. Diese sechs Kanten müssen sich also als sechs gleich lange und in gleichen Winkelabständen liegende gerade Linien projiciren, und die Endpunkte der Projektion müssen ein reguläres Sechseck bilden.

Fig. *27* zeigt eine solche Darstellung des Würfels. Die Horizontalprojektion wird durch ein regelmäßiges Sechseck eingeschlossen. Drei voll ausgezogene Halbmesser stellen die drei obersten Kanten vor, drei punktirte die drei untersten, welche ihnen paarweise parallel sind; jeder der drei Winkel, welcher von den erst- oder letztgenannten gebildet wird, mißt 120°. Die Diagonalen der drei obersten Quadrate liegen wagerecht, erscheinen also bei r s t in wahrer Größe. Eine beigegebene Vertikalprojektion wird zu noch näherer Erläuterung dienen, falls solche vonnöthen.

Stellet euch nun vor, daß der Würfel mit der wagerechten Bildfläche, worauf seine Horizontalprojektion verzeichnet ist, fest und unveränderlich verbunden sei; dann wird man beides, Würfel wie Bildfläche, in jede beliebige Stellung oder Lage bringen können, ohne daß darum die Projektion aufhörte, richtig

zu sein. Man kann also auch dem Würfel eine solche Lage geben, daß diejenige seiner Kanten, welche durch q t vorgestellt ist, in Wirklichkeit vertikal stehe. Alsdann wird die ursprünglich vertikal stehende Diagonale des Würfels q′ p′ unter einem Winkel von etwa 35° gegen den Horizont geneigt sein, und die anfänglich wagerechte Bildfläche, welche stets im rechten Winkel mit der Diagonalen verbunden bleibt, wird jetzt mit dem Horizont einen Winkel bilden, welcher den vorigen zu einem rechten ergänzt, d. i. einen Winkel von beiläufig 55°. In dieser Stellung der Bildfläche wird die frühere Horizontalprojektion des auf der Spitze stehenden Würfels zur isometrischen Projektion des nun auf seiner Grundfläche ruhenden Körpers.

Praktisch hat die veränderte Stellung der Bildfläche keinen weitern Einfluß, die Projektion r t z s ist die gleiche geblieben; es kommt nur darauf an, daß der Beschauer jetzt in ihr das Bild des Würfels in letztgenannter Stellung erblicke.

Ein Beispiel zur Anwendung.

69. Fig. *(g)* isometrische Projektion des Parallel-Epipedon Fig. *26*. Zeichnet vorerst als blinde Linien eine Senkrechte c a und (durch Dreitheilung des Kreises, Bd. I. §. 31. S. 106) noch zwei andere Linien c f, c d, deren jede mit der vorigen einen Winkel von 120° bildet. Auf diese Linien werden nun Längen der drei Kanten c a, c f, c d aufgetragen, worauf durch Ziehen von je drei Parallelen mit diesen drei Fundamentallinien die Figur ihre Vollendung erhält.

Dies Auftragen der drei Kanten kann aber nicht ohne Weiteres geschehen, denn auch im Grundrisse Fig. *27* sind die Linien q t, q r, q s an Länge nicht gleich den Würfelkanten. Beachtet darum Folgendes:

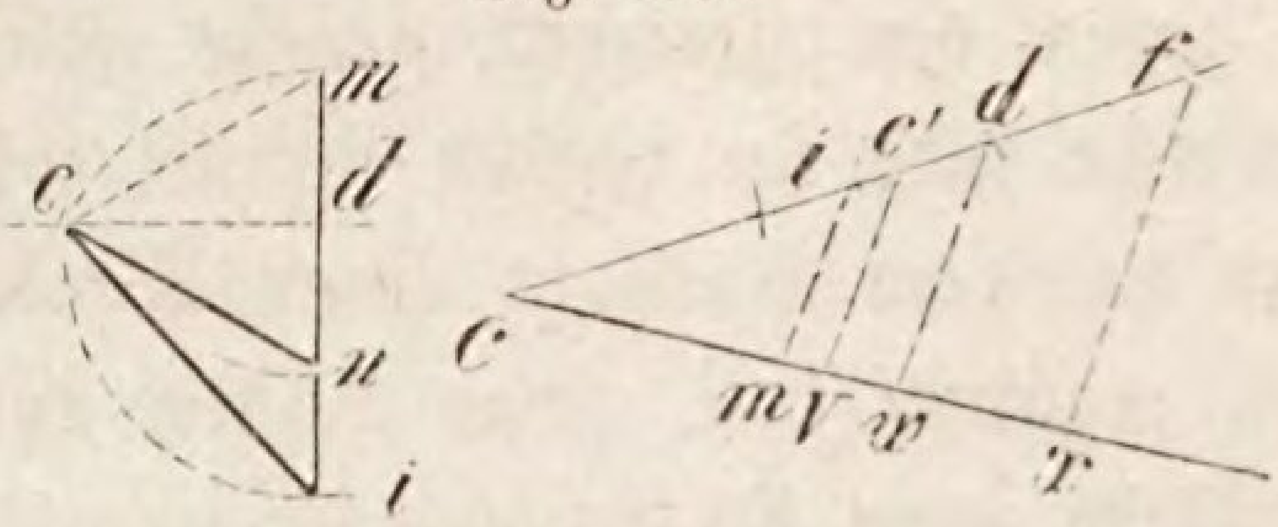
In dieser Fig. *27*, dieselbe wieder als eine Horizontalprojektion betrachtet, erscheint die Linie t s unter andern in wahrer Größe, und dies t s ist die Diagonale oder Gehr eines Quadrates. Durch das Geben der Diagonalen ist aber die Quadratseite mittelbar bestimmt, und deswegen kann aus der Entfernung t s die wahre Größe von q t oder q s abgeleitet werden. Aber q z t und q z s sind zwei gleichseitige Dreiecke, und die Hälfte von t s ist die Höhe eines jeden dieser Dreiecke. Aus Allem nun folgt, daß q t zur wahren Länge einer Würfelkante in demselben Verhältniß stehe, wie die Seite eines gleichseitigen Dreieckes zu der Seite eines Quadrates, dessen Diagonale gleich ist der doppelten Höhe des Dreieckes.

Hat man dieses Verhältniß erkannt, so wird dadurch das nachbeschriebene Verfahren gerechtfertigt erscheinen.

Zeichnet (Fig. 28) ein gleichseitiges Dreieck m c n.

Aus der Spitze c ziehet eine gerade Linie nach d, der Mitte von m n.

Fig. 28.



c d ist die Höhe des Dreieckes; traget d c von d nach d i und ziehet c i, welches die Seite eines Quadrates vorstellt, wovon d c die halbe Diagonale ist.

Zeichnet jetzt einen beliebigen Winkel f c x; traget von der Spitze aus die vorige Dreiecksseite c n nach c m und die vorige Quadratseite c i nach c i, ziehet die Linie i m. — Traget aus Fig. 27 die drei Längen c f, c d und X c′ von c aus nach f, d und c′. Durch diese Punkte ziehet drei Parallelen zu i m. Dadurch entstehen auf dem andern Schenkel des Winkels die Abschnitte c x, c w, c v. Diese Abschnitte traget in der Projektion *(g)* nach c f, c d und c a ꝛc.

Trägt man nach vollendeter Zeichnung c d nach c o und ziehet d o, so muß diese Linie in ihrer wahren Größe erscheinen. Wird nun dies d o als Diagonale angesehen und dazu die Quadratseite gesucht, so ist solche gleich der wahren Größe von c d und kann nur mit der aus Fig. 26 entnommenen Länge von c d wieder übereinstimmen.

70. Die ganze Reduktion der Maße, welche übrigens kürzer auszuführen als zu beschreiben ist, hätte auch umgangen werden können, wenn einfach den Kanten c a, c d, c f Fig. *(g)* die Längen gegeben worden wären, welche sie in Fig. 26 haben; es wäre immer noch eine richtige isometrische Darstellung geblieben, allein eine im umgekehrten Verhältniß von vorhin vergrößerte Darstellung. Dies kann, unter Umständen, von sehr untergeordneter Bedeutnng sein, aber nicht darum handelte es sich hier, sondern um die Grundsätze der Zeichnungskunst und ihr rechtes Verständniß.

Einige Handvortheile.

71. Bei einem Rückblicke auf den Weg, welchen wir genommen, um die schräge Projektion eines Körpers zu erhalten, wird alsobald erkannt werden, daß wir darauf ausgehen mußten, die Grundfläche desselben darzustellen. Denn war dies geschehen, so blieben nur noch die verschiedenen Höhen aufzutragen, welches aber, da sie alle durch die Projektion nicht geändert werden, mit keinerlei Schwierigkeit verbunden sein konnte. Die nachfolgenden Erläuterungen beziehen sich darum zunächst auf den Entwurf der Grundfläche, von der wir immer noch unterstellen, daß sie die Gestalt eines Rechteckes habe.

c d e f in der Darstellung *(a)* Fig. 29 sei die fragliche rechteckige Basis. Die Linie XY, welche durch ein Eck c der Basis in sonst beliebiger Richtung gezogen ward, stellt unsere Bildfläche vor.

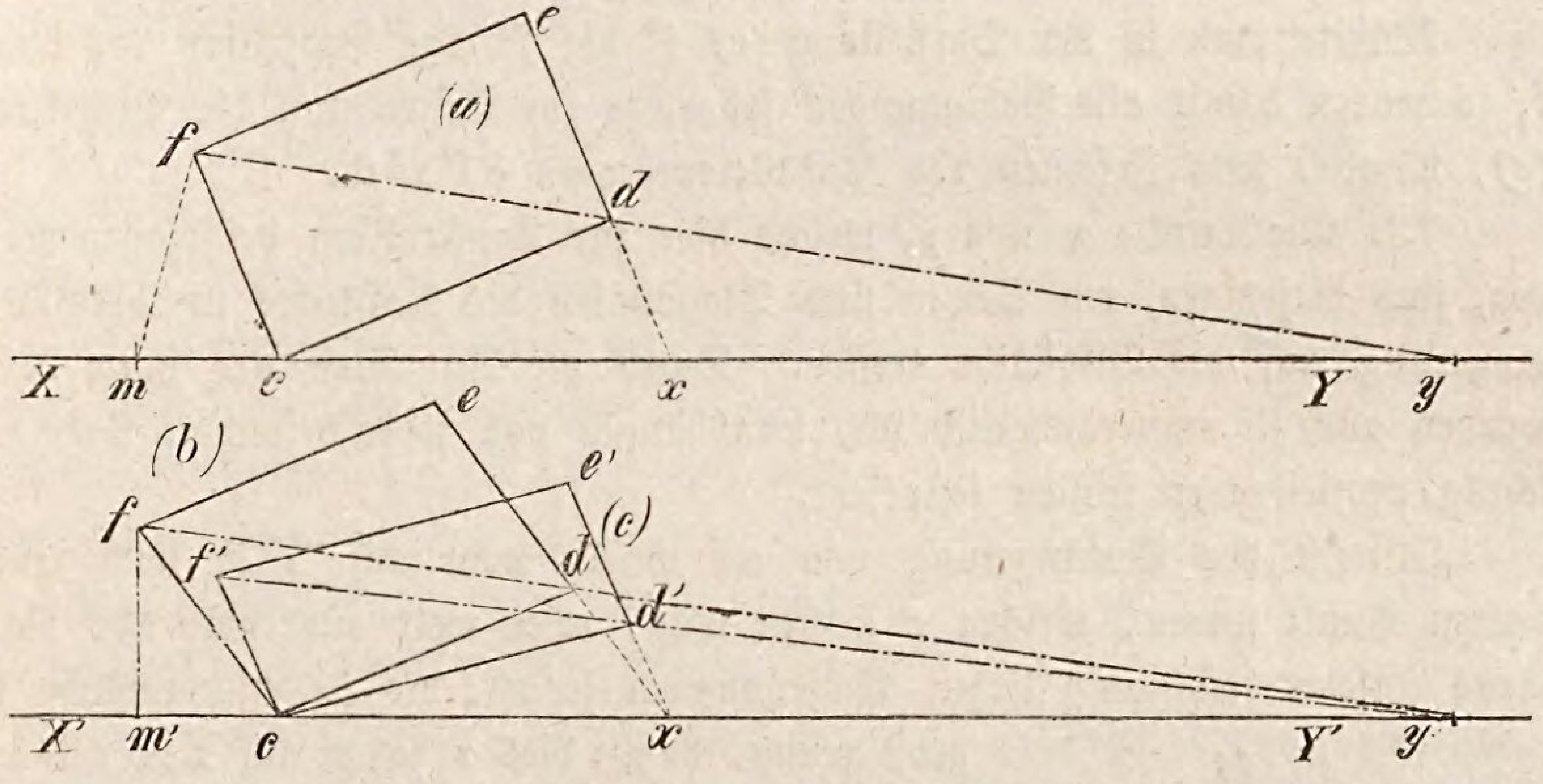
Die Rechtecksseite e d ward bis nach x verlängert, und die Gehr f d bis nach y.

Die Bildfläche ward sodann nach X′ Y′ gestellt und dort umgelegt, worauf die Projektion *(b)*, nämlich das Parallelogramm c f e d, zum Vorschein kam.

Dies aber ist in folgender Weise zugegangen:

Die Abstände c x, x y wurden auf der neuen Grundlinie X′ Y′ von c nach x und von x nach y getragen.

Fig. 29.



f ward beliebig gewählt und als schräge Projektion des Eckes f in *(a)* angenommen.

c f war somit schräge Projektion von c f.

x e ward parallel mit c f gezogen.

f ward mit y verbunden, und es mußte f y die Projektion der verlängerten Gehr f y sein.

Dadurch bestimmte sich d als Projektion des Eckes d; also c d als Projektion der Seite c d.

Die Seite f e aber mußte wieder mit c d parallel werden.

72. Ob diese ganze Konstruktion in sich berechtigt sei, ruht darauf, daß f in Fig. *(b)* nach willkürlichem Ermessen als Projektion von f in Fig. *(a)* genommen werden durfte.

Die Frage muß bejaht werden; den Beweis dafür wollen wir wiederum

rückwärts gehend führen. Fället aus f einen Perpendikel f m′ auf die Grundlinie X′Y′; traget den Abstand c m′ in *(a)* von c nach m. Denket euch in m eine aufrechtstehende blinde Linie errichtet. Entnehmet die Höhe m′ f; traget sie von m aus auf der (gedachten) blinden Linie auf; der Endpunkt mag mit M bezeichnet werden. m ist somit auch die Horizontalprojektion von M. Denket euch M mit dem Eck f verbunden, so habt ihr die schräg projicirende Linie des Punktes f.

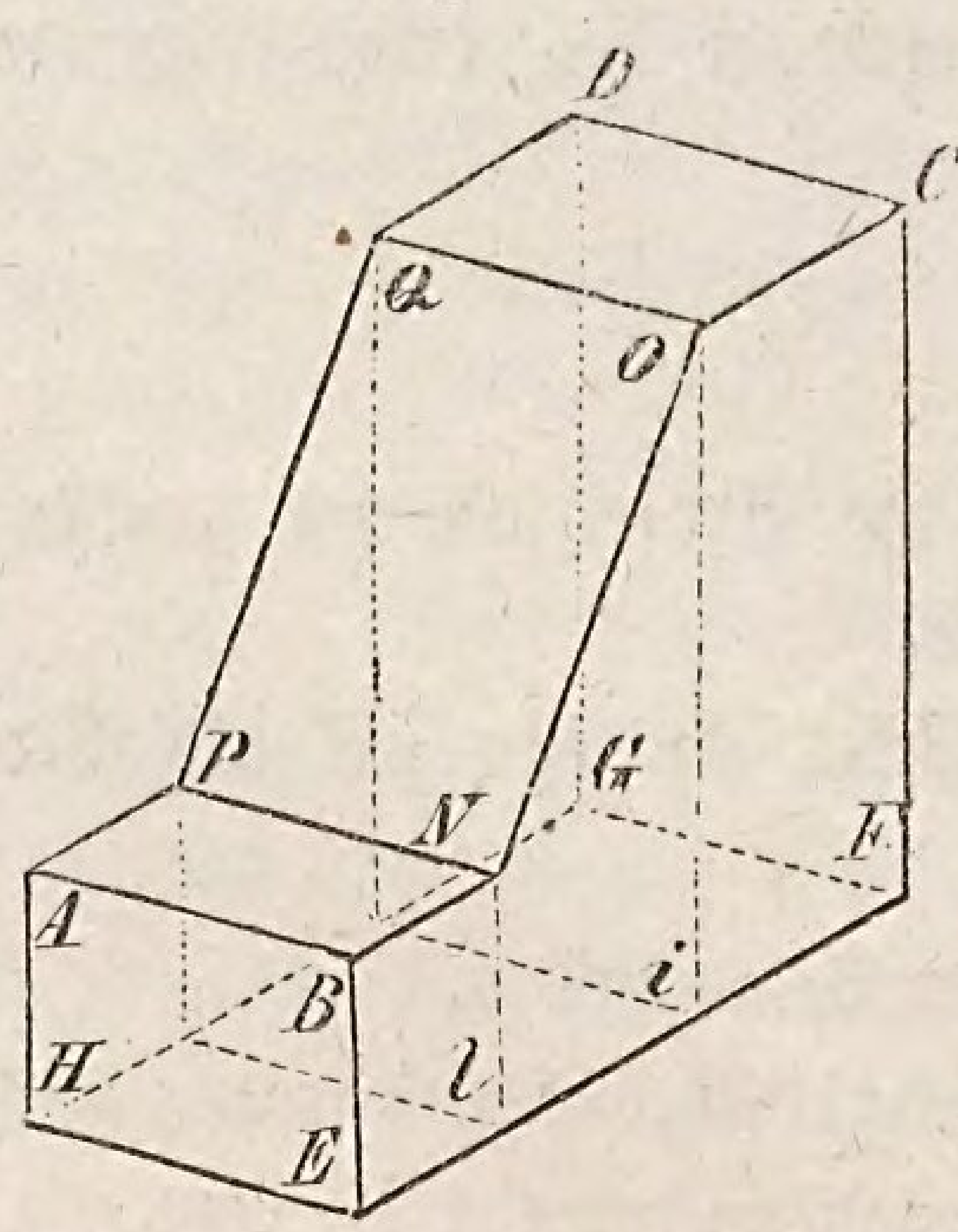
Die Wahl von f in Fig. *(b)* war somit eine völlig unbeschränkte. Der Punkt konnte links oder rechts von c genommen werden, über der Grundlinie X′Y′ oder unterhalb derselben, und beidemale in beliebigen Abständen. Denn stets läßt sich die Richtung einer schräg projicirenden Linie nachweisen, bei welcher f die erkorene Lage erhalten muß.

Wählte man in der Darstellung *(c)* f′ als schräge Projektion des Eckes f, so waren damit alle Bedingungen festgesetzt zur Vollendung der Projektion *(c)*, nämlich zum Zeichnen des Parallelogramms c f′ e′ d′.

73. Die Punkte x und y, welche hier zur Konstruktion beigezogen wurden, sind diejenigen, wo Seiten und Diagonalen des Rechteckes in ihrer Verlängerung auf die Bildfläche treffen. Durch die Annahme der Linie X Y wurden auch sie unveränderlich und unabhängig von jeder besondern Lage der schräg-projicirenden Linien festgesetzt.

Mittelst der Verlängerung von e f würde man auf Y X noch einen dritten Punkt finden, welcher z heißen mag, aber weit außerhalb des Rahmens unserer Zeichnung liegt. Angenommen jedoch, die Zeichnungsfläche sei groß genug, damit dies z sowol auf Y X als auf Y′X′ angegeben werden könnte, dann müßten die beiden Linien e′f′ und e f nach dem letzten z zusammenlaufen.

Fig. *11.*



Von den vier Punkten c, x, y und z genügen drei zur Ausführung der schrägen Projektion des Rechteckes. Vermittelst derselben sind rasch zwei bis drei solcher Darstellungen wie *(b)*, *(c)* entworfen, worunter die entsprechendste auszuwählen bleibt.

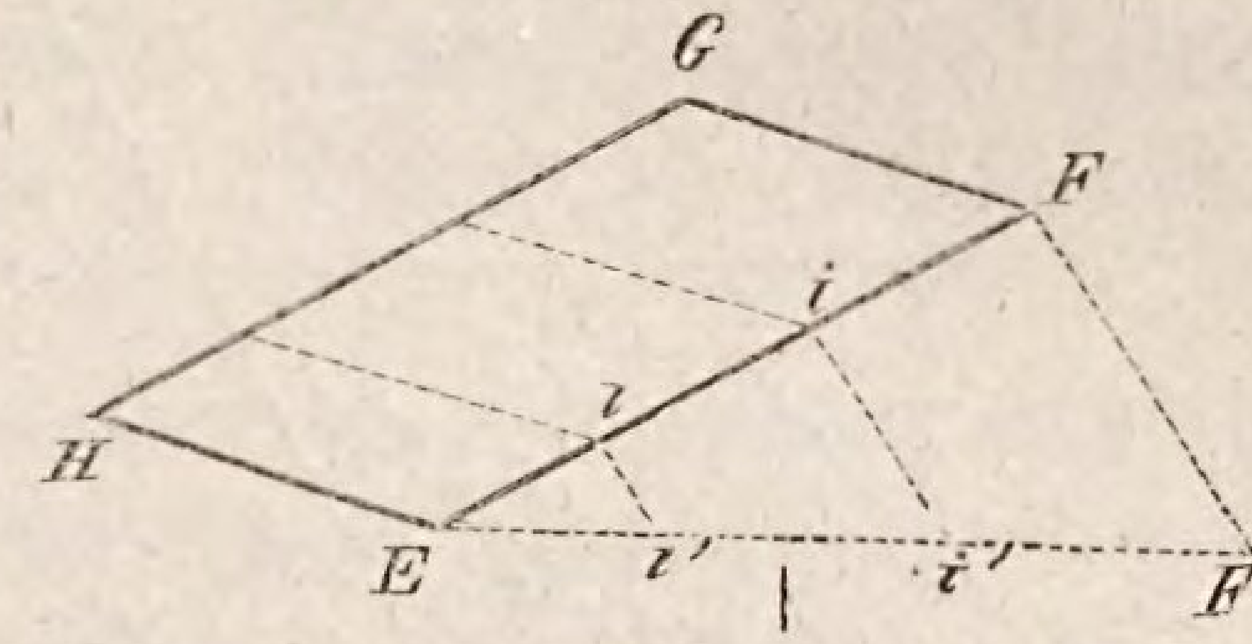
74. Erläuterung zu Fig. *11.*

Wir führen den Körper aus Fig. *11* (S. 20) hier noch einmal auf. Als Basis dient ihm, wie bereits erläutert, ein Rechteck e f g h (Fig. *12*), dessen schräge Projektion E F G H nach einer von den Ver-

fahrungsarten entworfen worden ist, welche wir bereits gelehrt haben. Es blieben nun noch die Parallelen mit EH zu zeichnen, welche durch die Punkte l, i gehen, alsdann konnten alle Höhen aufgetragen und das Ganze zu Ende geführt werden.

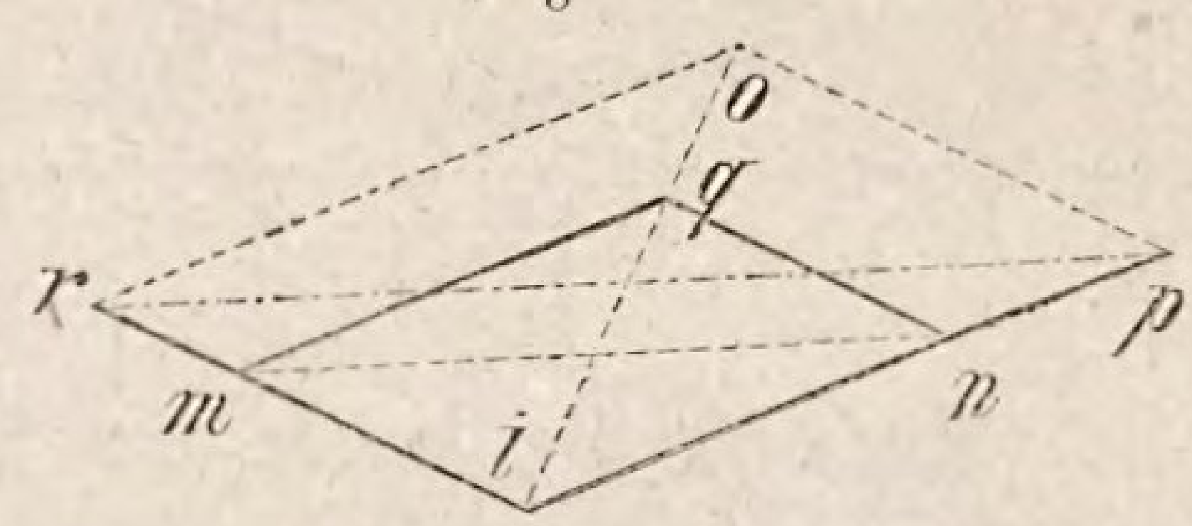
Um aber die Punkte l, i zu erhalten, bedurfte es keiner weiteren Hülfslinien, welche etwa auf der Fig. 12 zu ziehen gewesen wären, weil es sich nur um eine proportionale Eintheilung von ef Fig. 12 und EF Fig. 11 handelte.

Fig. 30.



Das Benehmen hierbei nochmals deutlich zu machen, ist in Fig. 30 bei EFGH das gleichnamige Parallelogramm, welches die Basis unseres Körpers bildet, aus Fig. 11 wiederholt. — Durch E zog man in beliebiger Richtung die Hülfslinien EF'. Aus Fig. 12 trug man die Stücke el, li, if von E nach l', von l' nach i' und von i' nach F'. Man verband F' mit F. Durch i' und l' zog man die Parallelen i'i, l'l zu F'F, durch welche die Eintheilung bewerkstelligt ward.

Fig. 31.



75. Anmerkung. Es kann der Fall eintreten, daß ein bereits in schräger Projektion gezeichnetes Rechteck imqn (Fig. 31) nach irgend einer Proportion vergrößert werden soll, etwa aus dem Grunde, weil man anfänglich des beschränkten Raumes wegen, welcher den Gebrauch entfernt liegender Punkte nicht gestattet, in einem kleineren Maßstabe gearbeitet hatte. Angenommen, das genannte Rechteck wäre um die Hälfte zu vergrößern.

Nehmet die Hälfte von in und traget sie auf der Verlängerung der Linie nach np; ziehet durch p die neue Gehr pr parallel zu mn. Dadurch bestimmt sich r auf der Verlängerung von im und somit das verlangte größere Parallelogramm ipor.

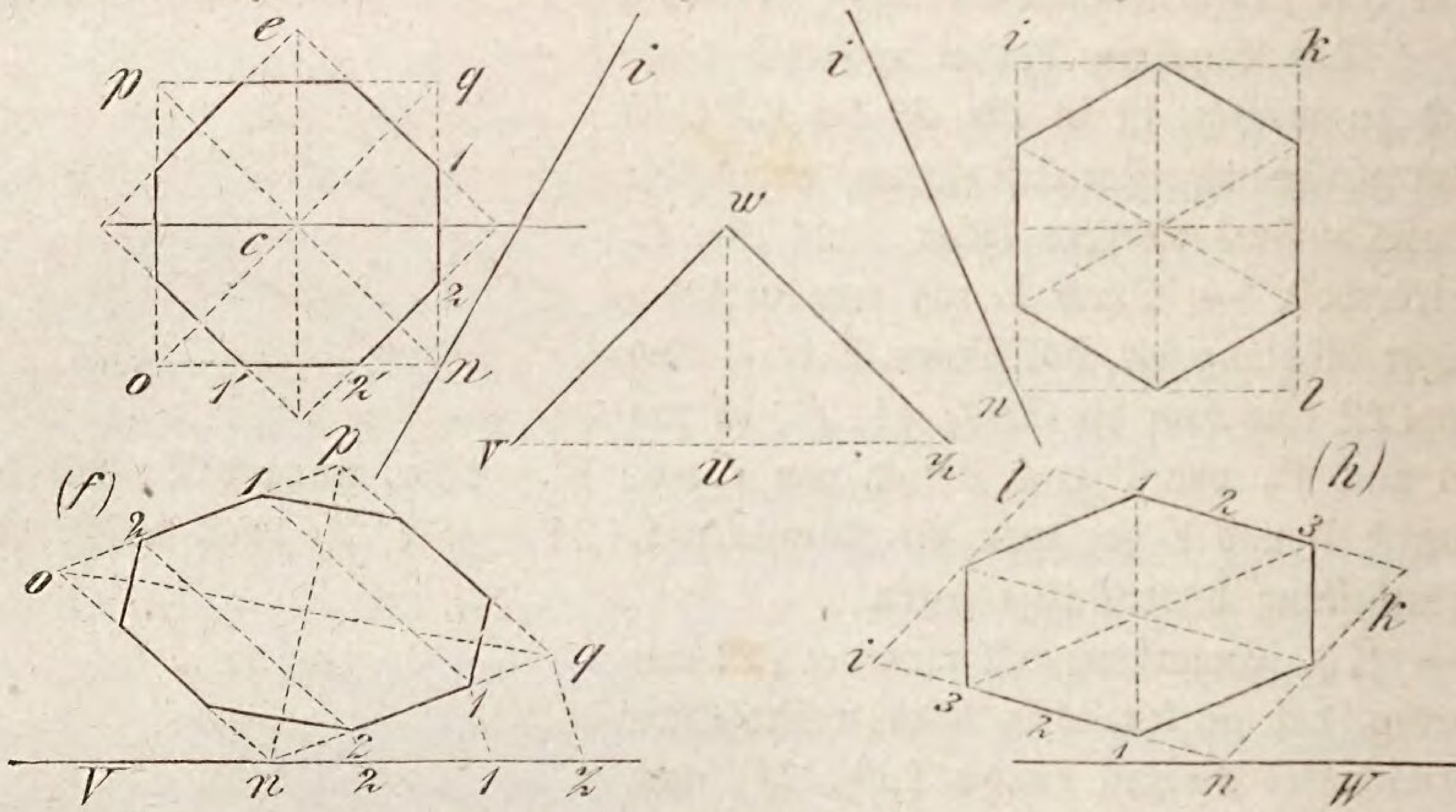
Oder: Traget die Hälfte der Diagonale iq auf ihrer Verlängerung von q nach o und vollendet durch Ziehen der Parallelen von op zu qn, or zu qm wiederum dasselbe Parallelogramm.

Wie bei etwa vorzunehmender Verkleinerung zu arbeiten sei, zeigt die Figur, wenn pr als Diagonale des ersten und nm als Diagonale des verkleinerten Rechteckes betrachtet wird.

Einige Worte über die Zeichnung des Acht- und Sechseckes.

76. Bereits zu verschiedenen Malen hat das reguläre Achteck uns als Grundfläche darzustellender Körper gedient. Aber auch in andern Beziehungen wird diese Figur Gegenstand unserer Beschäftigung sein, und darum bleibt hier einiges Besondere darüber beizubringen.

Fig. 32. Fig. 33. Fig. 34.



Auch für die Zwecke der schrägen Projektion wird das Achteck bequem aus dem Quadrat abgeleitet, indem man, Fig. 32, die halbe Diagonale n c von n′ aus nach 1 und 1′ absticht, von q nach 2 ꝛc., und dann die Seiten 2, 2 mit den Diagonalen des Quadrates parallel zieht. Es soll hier der Rechtfertigungsgrund zu dieser Konstruktion angegeben werden, wozu Folgendes dient. Verlängert man die Achtecksseiten, dann bilden sich zwei gleiche, über Eck stehende Quadrate. Betrachtet nun eines der Vierecke, wie 1 n c e 1. Dies ist ein Parallelogramm, darin aber muß n 1 so groß sein wie c e, nämlich so groß wie die halbe Diagonale eines der zwei Quadrate.

n q p o Fig. 32 *(f)* ist die (etwas vergrößerte) schräge Projektion des gleichnamigen Quadrates Fig. 32, wobei n i die Richtung der Bildfläche angiebt.

Zum Zeichnen des Achteckes in der Darstellung *(f)* hat man bei n 2 1 z aus Fig. 32 die Quadratseite n 2 1 q mit ihrer Eintheilung aufgetragen, den Endpunkt z mit q verbunden und dann, wie schon öfter gelehrt worden, die proportionale Theilung n 2 1 q erhalten. Durch Ziehen der Parallelen p q,

1. 1, 2. 2 ergab sich die gleiche Eintheilung auf der Seite op, und es blieben noch aus 1, 2, 2, 1 Parallelen mit den Diagonalen np, oq zu ziehen.

77. Bisweilen mag es vorkommen, daß man in die bereits gezeichnete schräge Projektion eines Quadrats noch ein Achteck zu beschreiben habe.

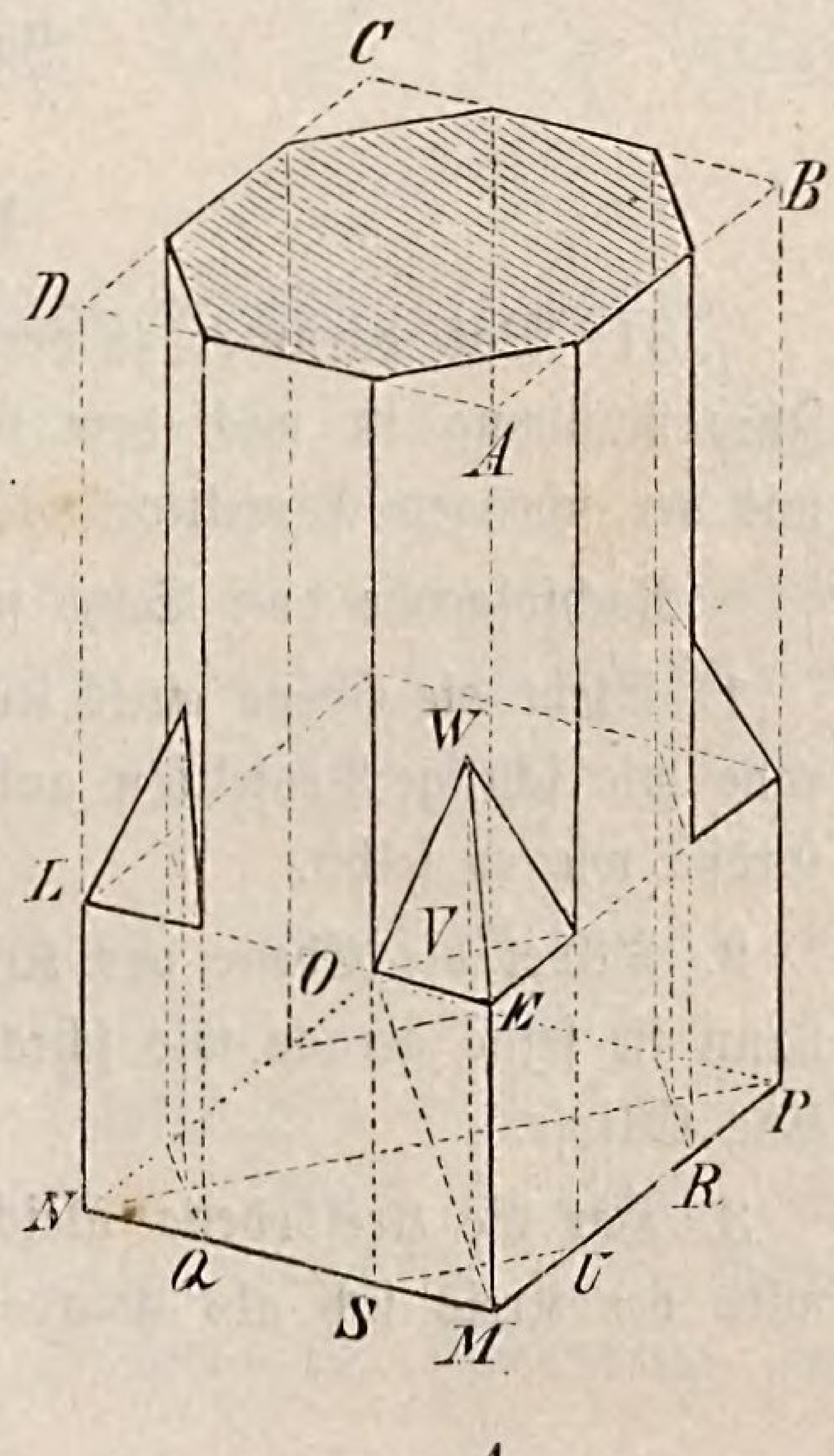
Um hier die Eintheilung n 2, 2. 1 ꝛc. zu erhalten, ist es keineswegs erforderlich, ein ganzes reguläres Achteck wie in Fig. *32* zu zeichnen, weil ein gleichschenkliges rechtwinkliges Dreieck wie vwz Fig. *34* für den Zweck schon genügt.

Dies kann nämlich immer als ein halbes Quadrat angesehen werden. Daher trage man die Seite wz von n nach z, die Höhe wu von n nach 1 und von z nach 2 ꝛc.

78. Daß die Zeichnung des Sechseckes in schräger Projektion noch einfacher sei als jene des Achteckes, liegt in der Natur dieses regulären Polygons. Hat man in Fig. *34* das Rechteck ikln um das Sechseck beschrieben und dasselbe bei *(h)* in schräger Projektion entworfen, so bleiben nur noch die Seiten hi, lk in je vier gleiche Theile zu zerlegen, die Linien 1. 1, 3. 3 zu ziehen und mit ersterer Parallelen durch 3 und 3, mit letzterer Parallelen durch 1 und 1.

Erläuterung zu Fig. *15*.

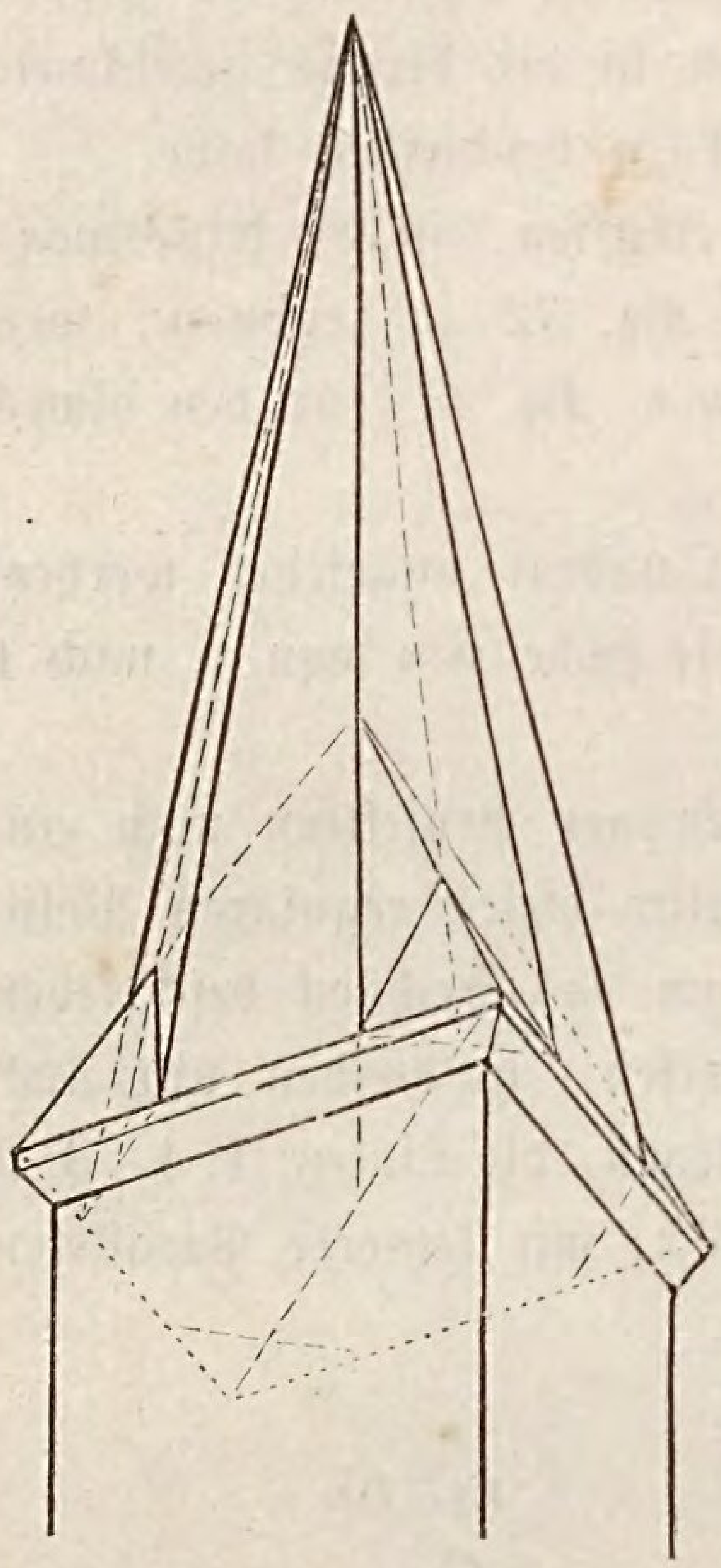
Fig. *15*.



79. Es wird eine solche nur in Bezug auf die Zeichnung der Ecken bei E, W, L ꝛc. erforderlich sein. Denn was die quadratische Grundfläche betrifft und das in derselben verzeichnete reguläre Achteck, so bleibt demjenigen, was in den vorhergehenden Paragraphen darüber vorgetragen worden, nichts beizufügen. Die Ecken W ꝛc. aber liegen über der Mitte der Achtecksseiten SU ꝛc. Hat man daher die Sockelhöhe ME gleich der halben Diagonalen (Fig. *16*) genommen, EL parallel zu MN gezogen und durch O eine Parallele OV zu SU, so bleibt noch die Höhe VW gleich der Achtecksseite sq (Fig. *16*) zu nehmen. Die obere Endfläche liegt mit allen ihren Punkten senkrecht über den Punkten der Grundfläche und die gleichnamigen Linien in beiden Flächen sind parallel.

Erläuterung zu Fig. *18*.

Fig. *18*.



80. Was bereits in §. 29 bezüglich der schrägen Projektion *(b)* Fig. *29* angemerkt worden, daß nämlich der Punkt f auch unter der Grundlinie X Y genommen werden könnte, dies ist bei der vorliegenden Darstellung, Fig. *18*, in Anwendung gebracht. Es haben dadurch die schräg projicirenden Linien eine nach vorwärts gegen den Horizont fallende Richtung erhalten, oder, mit andern Worten, man hat hier eine Ansicht des Körpers von unten gewonnen. Nach Allem übrigens, was über den Körper und seine Zusammensetzung schon in §. 46 beigebracht und was über den schrägen Entwurf des Achteckes ausgeführt worden, werden die Schüler zur Ausführung der Fig. *18* keiner weiteren Anleitung bedürfen. Nur das sei noch hervorgehoben, daß lediglich durch zufälliges Zusammentreffen die mittlere Kante der achteckigen Spitze zusammengefallen ist mit dem Perpendikel, welcher in der Mitte der quadratischen Basis errichtet werden mußte.

Runde Formen.

81. Was darunter zu verstehen sei, ward schon in §. 49 ausgesprochen. Ihre Rundung ist nach dem Kreise gebildet, und wir beginnen darum hier mit der schrägen Projektion dieser Linie.

Nachfolgende drei Sätze sind zu merken:

1. Steht die Ebene eines Kreises parallel zur Bildfläche, dann ist seine gerade wie schräge Projektion auf dieser Fläche wiederum ein Kreis von gleicher Größe wie er selbst.

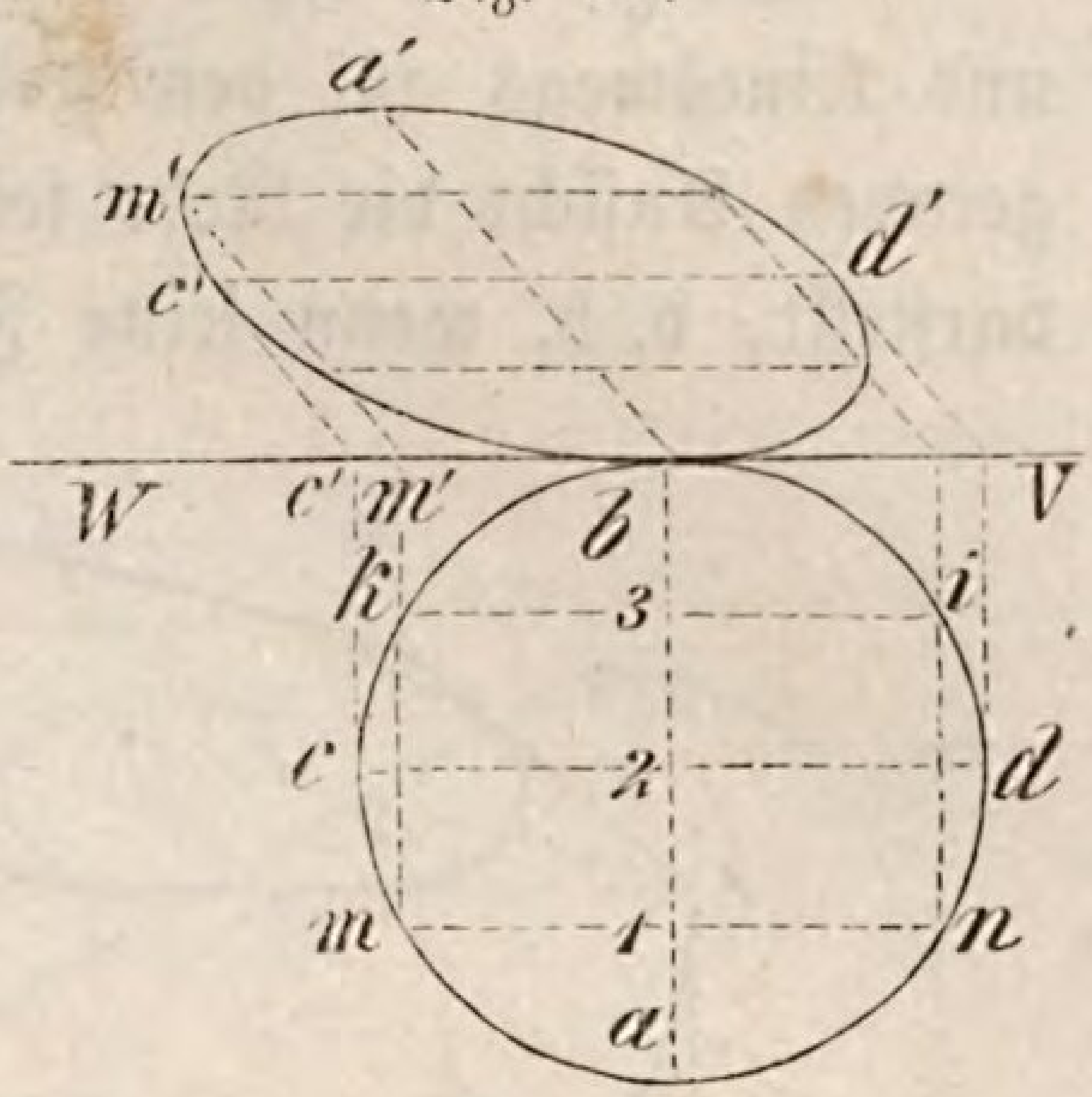
2. Bildet die Ebene des Kreises mit der Bildfläche irgend einen Winkel, dann ist seine gerade wie schräge Projektion auf dieser Fläche im Allgemeinen eine Ellipse.

3. Hat die Kreisebene gleiche Richtung wie die projicirenden Linien, so wird der Kreis sich als gerade Linie darstellen.

Die schräge Projektion des Kreises soll punktweise bestimmt werden.

82. Wir gaben unserer Zeichnung Fig. 35 nachfolgende Anordnung:

Fig. 35.



Die horizontale Fläche, in welcher wir uns den Kreis liegend denken, ward um die Grundlinie V W gedreht und in die Bildfläche gebracht. Dadurch kam der Kreis nach a c b d zu liegen, so daß er die Grundlinie in b berührte. a b ist ein Durchmesser, welcher auf V W senkrecht steht; diesen hat man in vier (oder mehr) gleiche Theile getheilt und durch die Theilungspunkte Parallelen zu V W gezogen. Dadurch sind auf dem Umfange eine Anzahl von Punkten wie a, m, n, c, d, k, i ꝛc. abgeschnitten worden, welche paarweise auf Parallelen mit a b liegen. Diese Parallelen treffen die Grundlinie in c′, m′ ꝛc.

Ist nun b a′ die schräge Projektion von b a (wie etwa R b Fig. 25, S. 37 die Projektion von R d ist), so hat man erstlich durch c′, m′ ꝛc. Parallelen mit b a′ zu ziehen; sodann dies b a′ in dieselbe Zahl von gleichen Theilen zu zerlegen wie a b, und durch jeden Theilpunkt eine Parallele mit V W zu ziehen. Da, wo die gleichnamigen Hülfslinien zusammentreffen, wie in m′, sind Punkte des Umfanges der Ellipse oder der gesuchten schrägen Projektion des Kreises.

Die Projektion des Kreises vermittelst einschließender Vielecke zu erhalten.

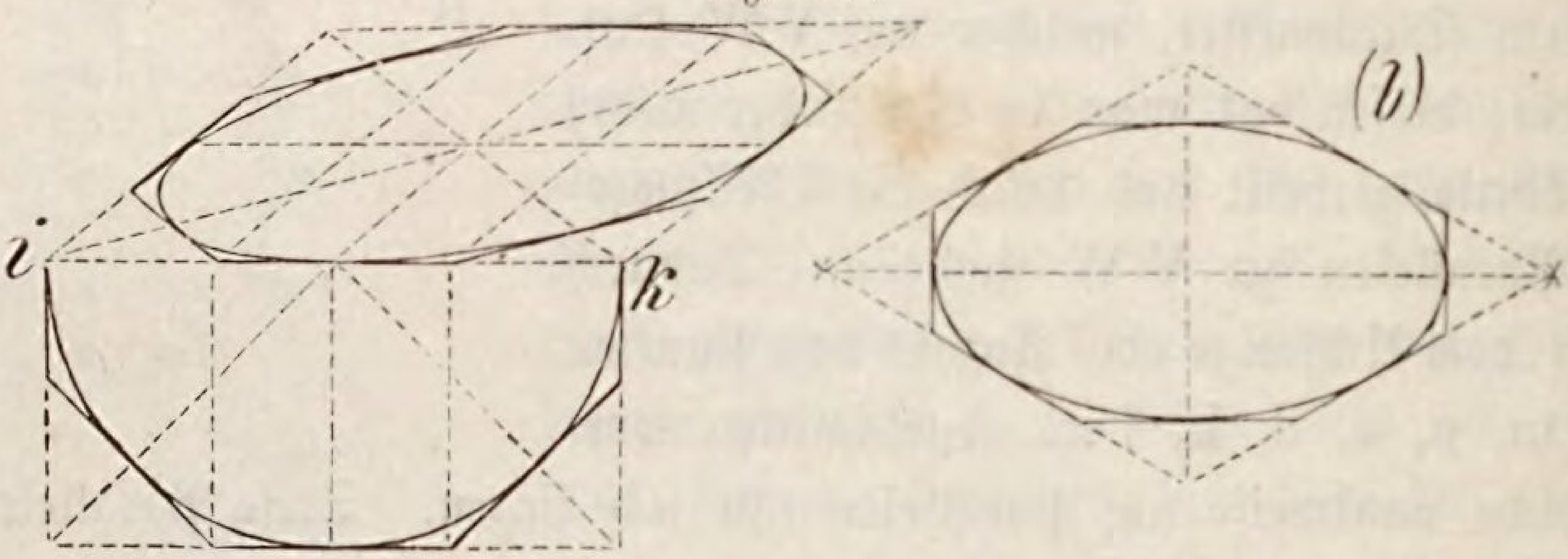
83. Um einen Kreis lassen sich reguläre Vielecke von jeder beliebigen Seitenzahl beschreiben. Jede Seite derartiger Vielecke berührt den Kreis in ihrer Mitte. Hat man die Projektion eines solchen Vieleckes oder Polygons entworfen, dann bleibt nur aus freier Hand eine krumme Linie zu zeichnen, welche jede Polygonseite von Innen berührt, und dies wird die Projektion des eingeschriebenen Kreises sein.

Für gewöhnlich vorkommende Fälle empfiehlt sich die Anwendung des regulären Achteckes, wie solches aus Fig. 36 zu ersehen. Die Anordnung desselben gleicht der vorigen, nur daß man sich begnügt hat, unten an die Figur einen Halbkreis und ein halbes, darum beschriebenes Achteck zu zeichnen, weil dies hinreicht zur Ausführung der oberen schrägen Projektion. Das Achteck erscheint darauf in gerader Ansicht. Daß übrigens bei Anwendung einer

schrägen Ansicht des Polygons im Wesen des Verfahrens nichts geändert wurde, darf als selbstverständlich zu betrachten sein.

Zusatz. Die letzte Bemerkung hat übrigens nur Bezug auf das Achteck und keineswegs auf den Kreis, weil bei diesem nur in dem Falle von einer geraden Ansicht die Rede sein kann, wenn er sich in seiner vollen Rundung darstellt, d. h. wenn seine Fläche zur Bildfläche parallel steht.

Fig. 36.



Man kehre die Fig. 36 so um, daß k i eine senkrechte Stellung bekommt, und man wird die Darstellung eines Kreises in vertikal stehender Ebene vor sich haben.

Es soll dem ämsigen Lehrlinge anheimgestellt bleiben, diese letztere Zeichnungsart beim Entwurfe der Fig. 23 (S. 32) in Anwendung zu bringen.

84. Die Fig. 36 (b) stellt den Kreis und das umschriebene Achteck in isometrischer Projektion dar (s. S. 42). Das Quadrat, mittelst dessen das Achteck gebildet worden ist, hat jetzt die Form einer Raute erhalten, welche durch die kürzere Diagonale in zwei gleichseitige Dreiecke zerfällt ward. Die Seiten der Raute wurden alsdann nach der Anleitung des §. 85 getheilt und sofort das Achteck erhalten. Was die hineingezeichnete Ellipse betrifft, so bleibt noch anzuführen, daß die Axen derselben, der Richtung nach, mit den Diagonalen der Raute zusammenfallen.

Darstellungen der Walze.

85. Die Projektionen (a) und (b), Fig. 37, entsprechen der Fig. 21, indem sie, gleich dieser, eine Walze oder einen Cylinder repräsentiren, welcher auf seiner wagerechten Basis steht. Diese kreisrunde Basis ward gezeichnet nach den Anweisungen der vorhergehenden Paragraphen. In ihrem Mittelpunkte errichtete man eine Senkrechte, so lang als die Axe des Cylinders. Dies gab den Mittelpunkt der oberen Endfläche, welche der unteren gleich und parallel liegend darzustellen war. Zwei aufrecht gemeinsame Tangenten an die beiden Ellipsen vollendeten den scheinbaren Umriß des Körpers.

Die Darstellung *(b)* ward nach der schrägen Projektion mit unverändertem Grundrisse (§. 66 und 67) entworfen; es zeigt sich dabei die Grund- wie Endfläche des Cylinders in unveränderter Kreisgestalt.

Fig. 37.

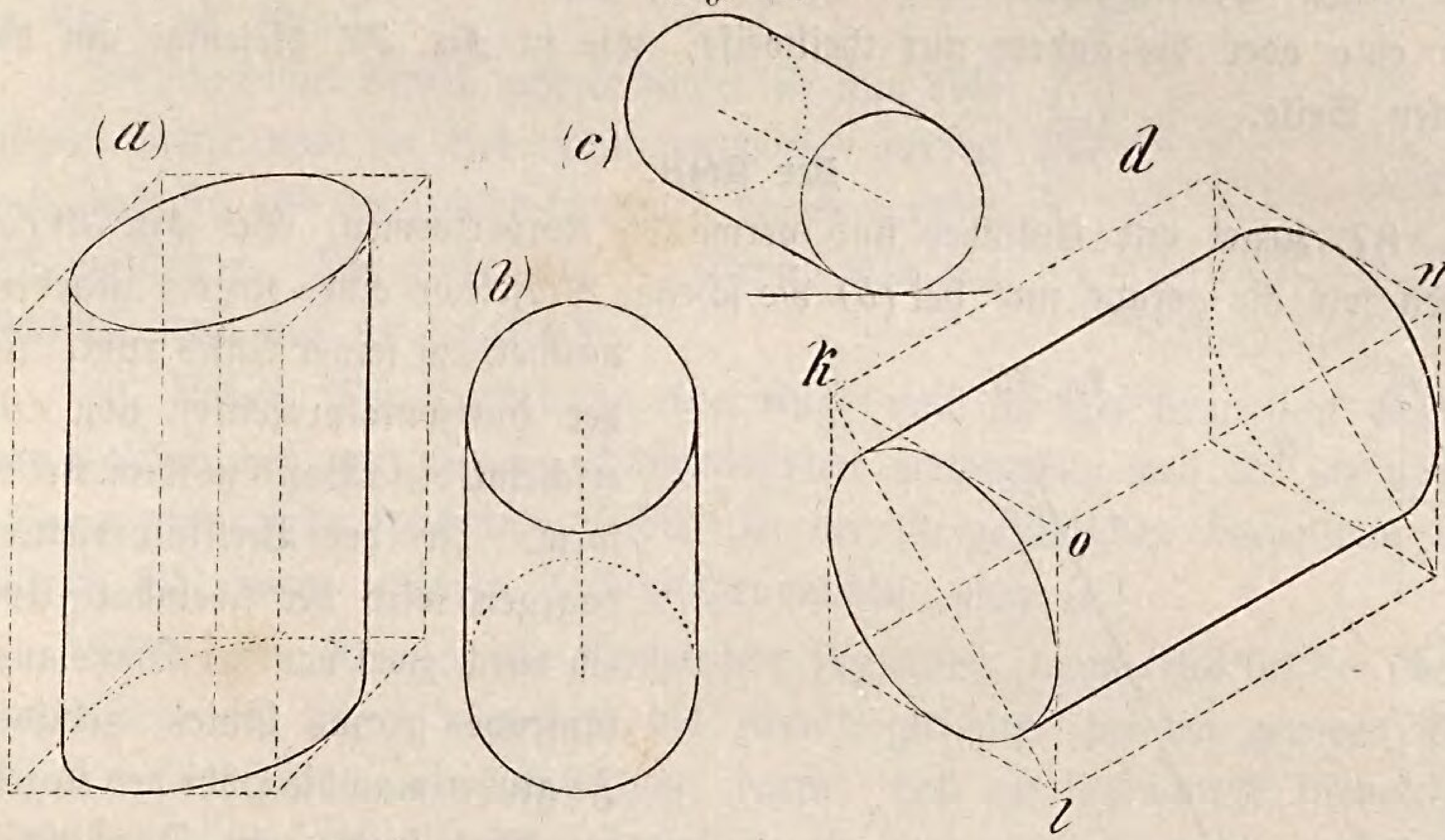
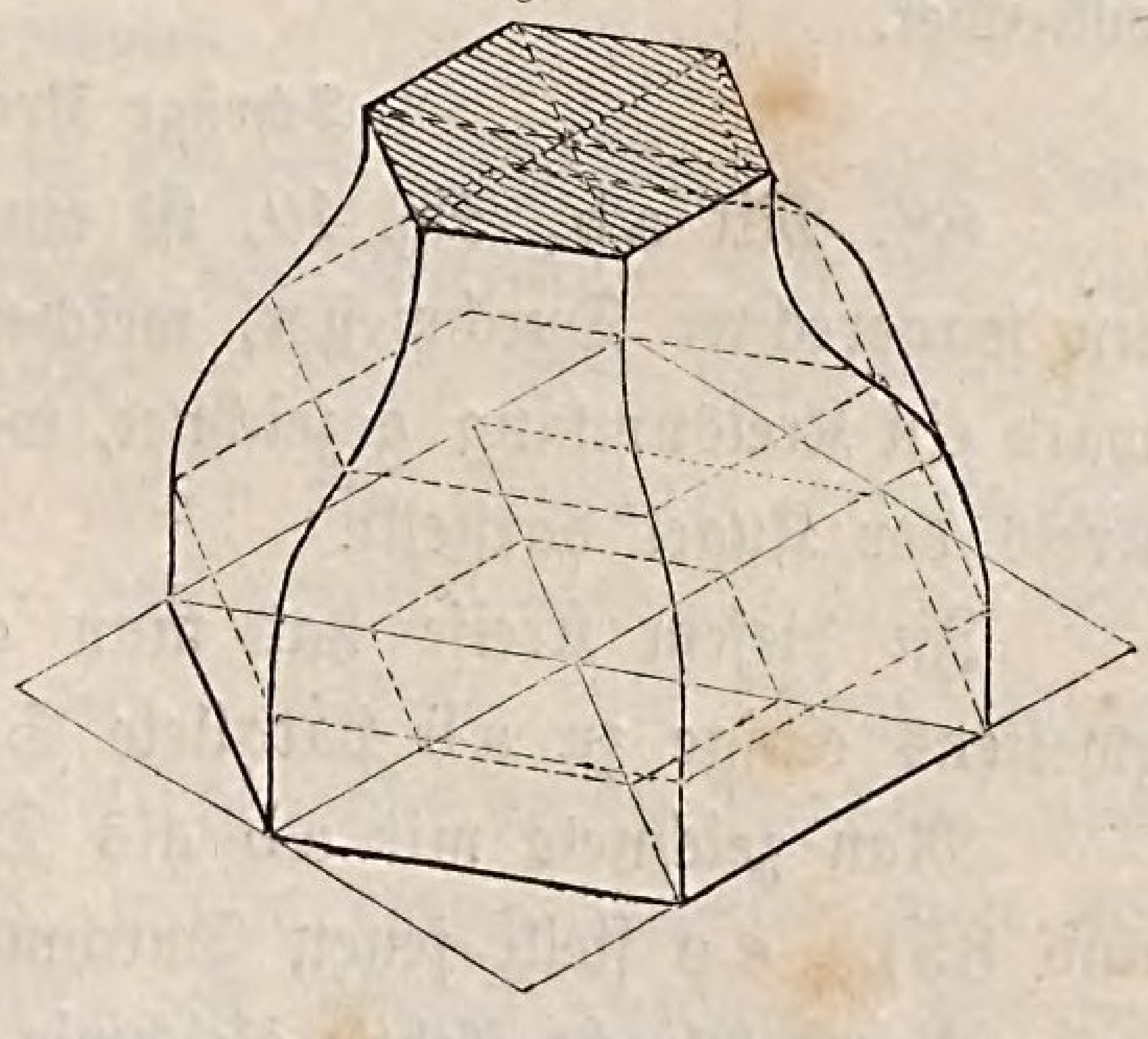


Fig. 37 *(d)* stellt eine wagerecht liegende Walze nach isometrischer Projektion dar. Man zeichnete hierzu vorerst das einschließende quadratische Prisma, dessen drei Kanten o k, o l, o m unter sich Winkel von je 120° bilden. o k, o l sind (isometrisch verjüngt, §. 69) gleich dem Durchmesser der Walze; o m ist gleich ihrer Länge. In die Grund- und Endfläche ward der Kreis gezeichnet (§. 85). Zwei Tangenten an die erhaltenen Ellipsen, welche mit der Längenrichtung der Walze parallel gehen, vollendeten den scheinbaren Umriß des Körpers.

86. An die Darstellung der Walzen oder Cylinder reihen wir die schräge Projektion des Körpers, von welchem S. 35, Fig. 24 gesprochen worden, weil die gekrümmte Oberfläche desselben aus Theilen von cylindrischen Flächen gebildet wird. Zur Ausführung dieser Zeichnung hat man zuerst den vollständigen Grundriß *(a)* von Fig. 24 in schräger Projektion entworfen (§. 62 2c.); sodann den verschiedenen Sechsecken, welche um den Körper gezogen

Fig. 38.

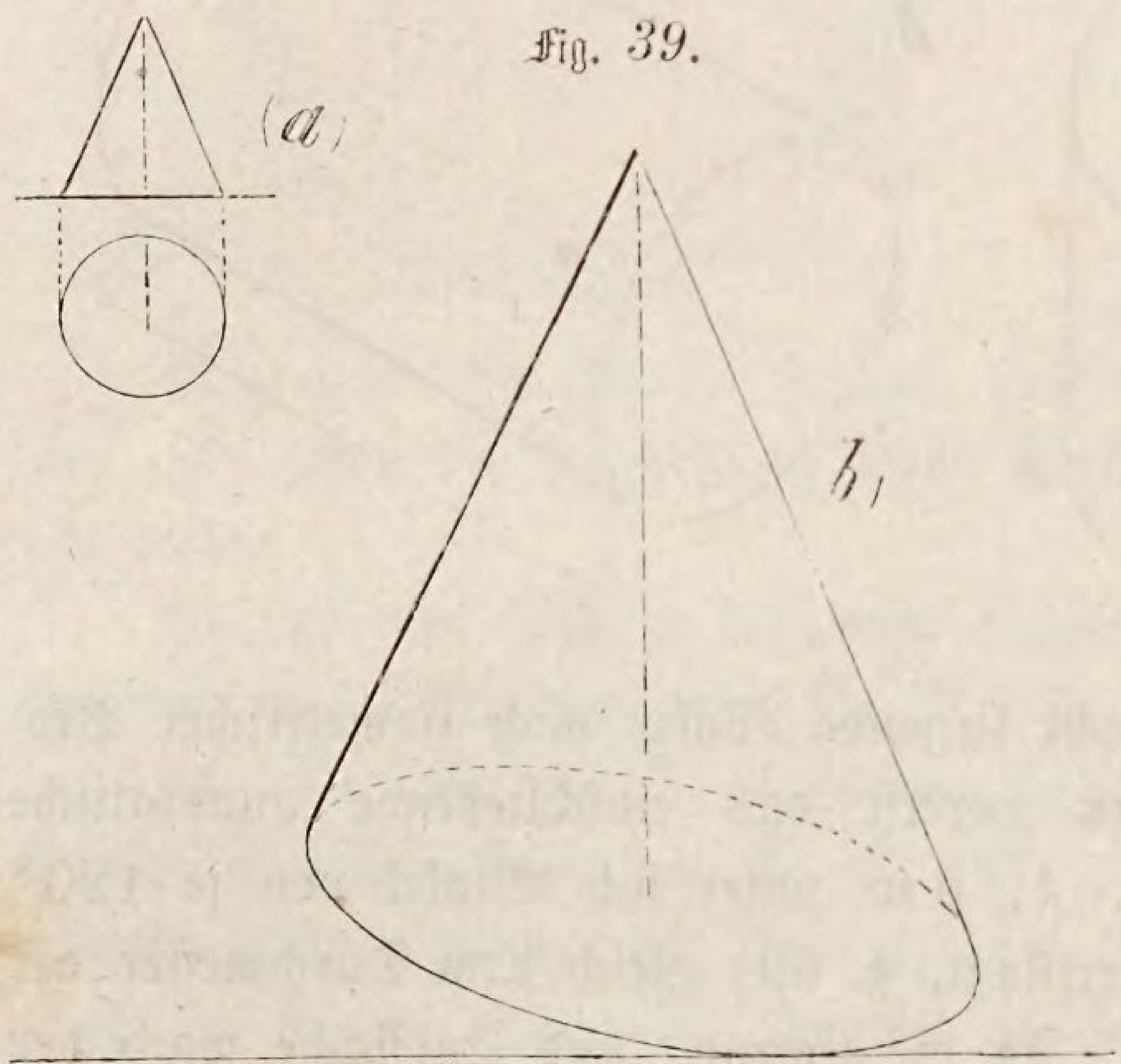


wurden, ihre richtige Höhe gegeben, den Körper auf seine breite Endfläche gestellt und zuletzt die gerad= und krummlinigen Kanten gezeichnet. Je nach der Stellung, welche man dem Körper gegen die Bildfläche gegeben, werden von seinen Seitenflächen einige vollständig sichtbar sein, andere gar nicht, und eine oder die andere nur theilweise, wie in Fig. *38* diejenige auf der rechten Seite.

Der Kegel.

87. Kegel und Cylinder sind verwandte Körperformen. Bei Fig. *39 (a)* haben wir die gerade und bei *(b)* die schräge Projektion eines Kegels gegeben, welcher auf seiner Basis ruht. In der Horizontalprojektion von *(a)* erscheint diese Basis in ihrer Kreisform. In der Vertikalprojektion dagegen wird der scheinbare Umriß durch zwei von der Spitze auslaufende gerade Linien gebildet. Je größer man die Höhe des Kegels im Verhältniß zum Durchmesser der Basis annimmt, desto spitzer wird der Körper und nähert sich dabei immer mehr der Walzenform.

Fig. *39.*



In der Darstellung *(b)* zeigt sich die Basis als Ellipse, welche nach §. 84 oder 85 gezeichnet worden. In der Mitte der Ellipse errichtete man eine Senkrechte von gleicher Höhe wie jene des Kegels. Durch zwei Tangenten aus der Spitze nach dem Umfange der Basis ward die Projektion vollendet.

Schräge Projektion der Kugel.

88. Mit a b, Fig. *40*, ist ein Durchmesser der Kugel gegeben, und zwar ein wagerechter Durchmesser, welcher zur Bildfläche parallel läuft. Ueber a b ward ein Kreisumfang gezeichnet, welcher den zur Bildfläche parallelen größten Kreis der Kugel darstellt.

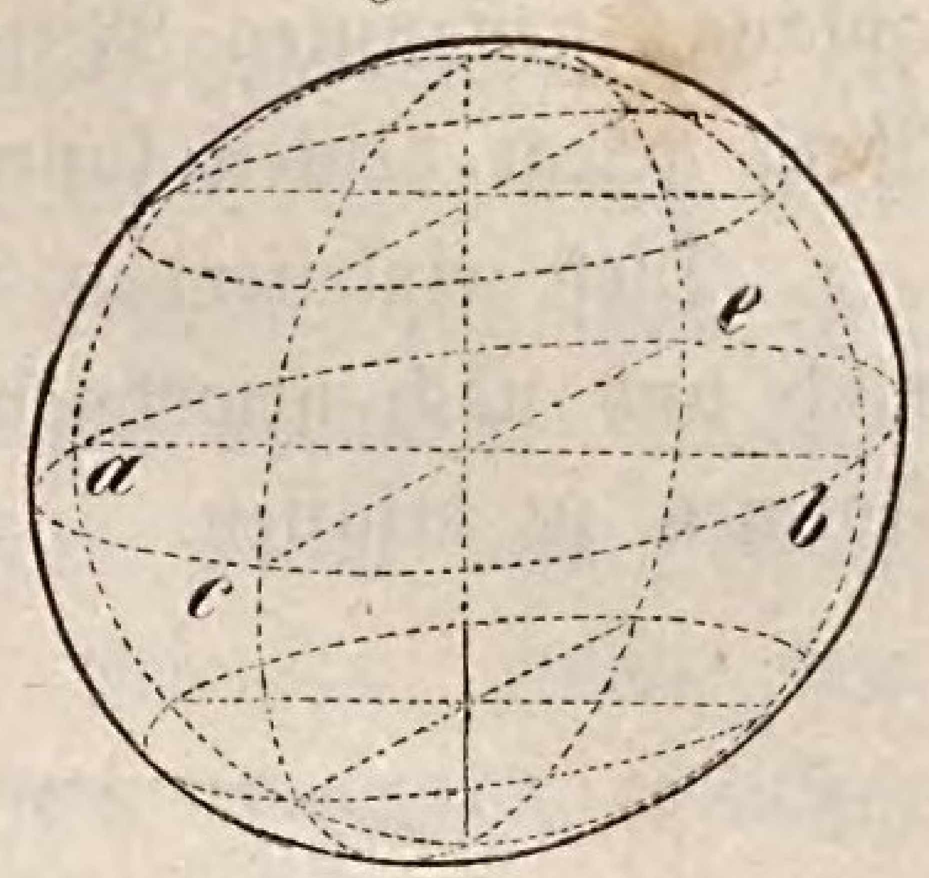
In diesem Kreise hat man einen senkrechten Durchmesser gezogen und zweitens einige zu a b parallele Sehnen.

Man zeichnete mit a b als Durchmesser einen horizontalen Kreis (§. 84 und 85). c e stellt jenen Durchmesser desselben vor, welcher in Wirklichkeit auf a b winkelrecht steht, gleichwie a′ b auf c′ d′ in Fig. *35* (S. 51).

Jede wagerechte Sehne ward ihrerseits wieder als Durchmesser eines wagerechten Kreises genommen und derselbe gezeichnet.

Endlich zeichnete man noch über c e und den senkrecht stehenden Durchmesser einen senkrechten größten Kreis der Kugel.

Fig. 40.



Der scheinbare Umriß unserer Kugel ist nun eine Ellipse, welche nach der Bedingung entworfen werden muß, daß sie alle genannten krummen Linien berührt und umschließt. Die große Axe der Ellipse fällt der Richtung nach mit c e zusammen.

89. Zusatz. Die Darstellung einer Kugel nach schräger Projektion ist, wie man gesehen hat, mit einiger Umständlichkeit verbunden, weil ihr scheinbarer Umfang nicht mehr kreisrund bleibt. In der perspektivischen Darstellung verhält es sich, einen einzigen Fall ausgenommen, eben so.

Wählt man dagegen die isometrische Projektion, dann erscheint der scheinbare Umriß der Kugel wiederum als Kreis, gleichwie bei der geraden Projektion. Dies findet seine Erklärung darin, daß die sogenannte isometrische Projektion eben keine schräge Projektion ist, sondern eine gerade, wobei aber die Bildfläche schräg gegen den Horizont steht (§. 66).

Uebrigens mag doch noch hervorgehoben werden, daß die Art, wie so eben der scheinbare Umriß der Kugel erhalten worden, im Wesen nicht verschieden sei von dem Verfahren, welches wir bei dem Entwurfe der Fig. 37 und 39 befolgten, nur daß dort die Zeichnung eines auf der Oberfläche des Körpers liegenden Kreises hinreichte, um sofort die geradlinigen Umrisse tangirend an ihn zu ziehen; während bei der Kugel mindestens fünf solcher Kreise nöthig waren.

Projektion des Ringes.

90. Denkt man sich einen Cylinder so gebogen, daß Grund- und Endfläche desselben zusammenstoßen, währenddem die Mittellinie oder Axe des Körpers kreisrund wird, dann ist der Cylinder in einen Ring umgewandelt.

Auf dem Cylinder konnte man sich, außer dem Umfange der Grund- und Endfläche, noch beliebige, diesen gleich- und parallel-laufende Kreise denken. Durch die geometrische Umformung des Cylinders zum Ringe haben diese Kreise ihre Gestalt nicht geändert, vielmehr ihre vorige Rundung noch beibehalten; aber die Flächen dieser Kreise, welche vorher parallel unter sich waren, sind jetzt alle nach dem Mittelpunkte des Ringes gerichtet. Auf der

Oberfläche des Cylinders konnte man zweitens auch gerade Linien ziehen, welche mit der Axe desselben parallel liefen; diese gestalten sich auf der Ringfläche zu einer andern Art von Kreisen, deren Flächen parallel liegen zu dem anfangs genannten Mittelkreise und parallel zu der Fläche, worauf man den Ring gelegt denken kann.

Diese einleitenden Bemerkungen sind gegeben, damit unsere Schüler sich nach und nach gewöhnen, die geometrischen Eigenthümlichkeiten der körperlichen Formen zu erfassen.

Fig. 41.

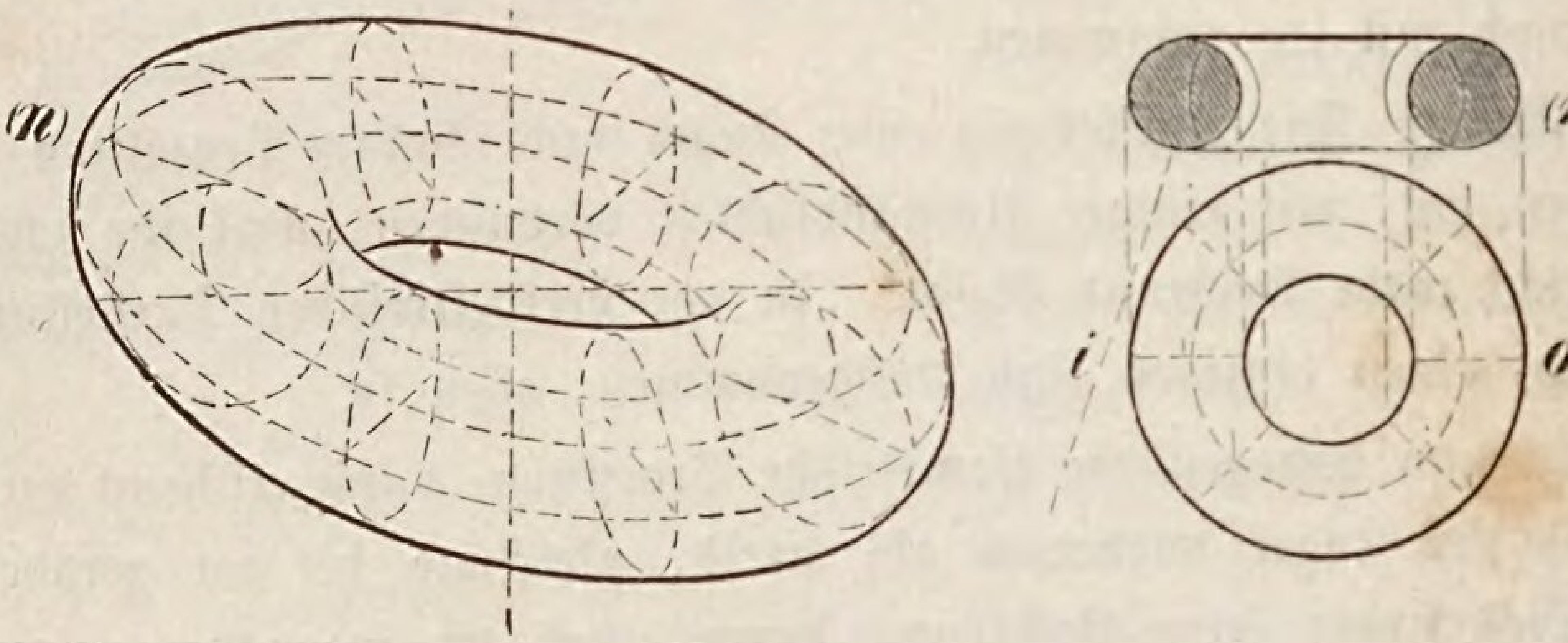


Fig. *41* zeigt rechts bei *(m)* die gerade, links bei *(n)* die schräge Projektion eines Ringes, von welchem angenommen ward, daß er auf einer wagerechten Fläche liege.

Die Vertikalprojektion von *(m)* ist als senkrechter Durchschnitt behandelt, wobei die vordere Hälfte des Körpers hinweggedacht wird. Die schraffirten Kreise versinnlichen die Schnittfläche. Zwei wagerechte Tangenten an diese Kreise bringen die Darstellung zum Abschluß.

Den Umriß der Horizontalprojektion des Ringes bilden zwei concentrische Kreise, es sind die Projektionen des größten und des kleinsten Horizontalkreises auf dem Körper. In dem Raume zwischen beiden Kreisen müssen alle Punkte des Ringes sich projiciren.

Der Durchmesser i o, oder vielmehr die Stärke dieses Durchmessers zwischen den beiden Kreisen sind die Horizontalprojektionen jener zwei senkrechten Kreise, welche sich in der Vertikalprojektion als die Schnittflächen darstellen.

Man hat den Umfang des Grundrisses in acht gleiche Theile getheilt und durch Stücke von Radien zwischen den Theilungspunkten acht unter sich gleich entfernte Kreise der Ringoberfläche angegeben. Diese Kreise können zur Uebung auch in der Vertikalprojektion ausgedrückt werden, vorzüglich aber ollen dieselben zur Ausführung der Projektion *(n)* dienen.

Dort ward zuerst der vollständige Grundriß von *(m)* mit seinen zwei concentrischen Kreisen und den acht Stücken von Radien nach Anleitung von §. 82 entworfen. Alsdann hat man jede dieser acht geraden Linien als einen Durchmesser betrachtet und über demselben einen vertikal stehenden Kreis gezeichnet (gleichwie über ce, Fig. *40*). Darin bestand die Vorbereitung, denn nun konnte der Umriß des Ringes ausgeführt werden dadurch, daß man eine Linie zeichnete, welche alle genannten Kreise einschloß und berührte. Solcher Linien treten aber hier zweierlei auf: erstens diejenige, welche den äußeren Umriß bildet und sich vollkommen schließt; zweitens diejenige, welche dem innern oder der Durchsicht angehört; sie besteht aus zwei getrennten Stücken, deren vorderes das zurückliegende überschneidet.

Gebrauch der Durchschnitte und Profile bei gerader Projektion.

91. Aus den seitherigen Beispielen über die Zeichnung von Körpern nach gerader Projektion müßte die Richtigkeit des Satzes hervorleuchten, daß durch zwei solche Projektionen die Gestalt des Körpers bestimmt werde. Von beiden Bildflächen, worauf diese Projektionen entworfen wurden, war die eine horizontal und diente gewissermaßen dem Körper als Unterlage. Die Darstellung auf solcher wagerechten Bildfläche hieß Horizontalprojektion oder auch Grundriß. Die zweite Bildfläche stand vertikal und zwar meistens hinter dem Körper. Auf solcher Fläche entstand die Vertikalprojektion oder auch der Aufriß des Körpers. Die Benennungen Grund- und Aufriß beziehen sich meist auf die Darstellung von Bauwerken, bei welchen es Regel ist, den Grundriß zuerst zu entwerfen und von da aus zu dem darüber gestellten Aufrisse überzugehen. Nun ist bereits auch gesagt worden, daß man in manchen Fällen die Vorstellung festhält, der darzustellende Körper sei in wagerechter oder in aufrechter Richtung durchschnitten und die verlängert gedachte Schnittfläche diene als Projektionsebene oder Bildfläche. Derartige Darstellungen heißen Durchschnitte, und zwar horizontale oder vertikale, je nach der Stellung der Schnittfläche gegen den Horizont. Man nennt sie mitunter auch Längenschnitte oder Querschnitte, je nach der Richtung der Schnittfläche in Bezug auf den durchschnittenen Körper. Die Umrisse der Schnittfläche insbesondere heißen Profile. Die Anwendung geometrischer Durchschnitte und Profile zu erläutern, ist der Zweck nachfolgender Beispiele, wobei für alle Mal bemerkt sein soll, daß die Profilflächen durch Schraffirungen bezeichnet sind.

92. Gothischer Strebepfeiler, Fig. *42*.

Der Pfeiler stützt, wie der Grundriß zeigt, ein rechtwinkliges Mauerwerk

oder eine solche Widerkehr. Um Raum zu ersparen, ward nur das obere Ende des Pfeilers gezeichnet.

Von dem Profile oder dem senkrechten Durchschnitte des Pfeilers kann man annehmen, daß dasselbe nach der Richtung P Q des Grundrisses genommen sei. Dies P Q bezeichnet nämlich die Gehr der Widerkehr und sohin die Mittelrichtung des Pfeilers. Durch die Linie fg ist die Dicke des Pfeilers ausgedrückt. Vermittelst dieses Maßes und des Profiles kann nun der Grundriß vollendet werden, indem man aus dem Profile die verschiedenen Ausladungen hierher trägt. Im Uebrigen ward der Grundriß so behandelt, als ob die Mauer dicht oberhalb des Pfeilers wagerecht durchschnitten worden wäre.

Fig. 42.

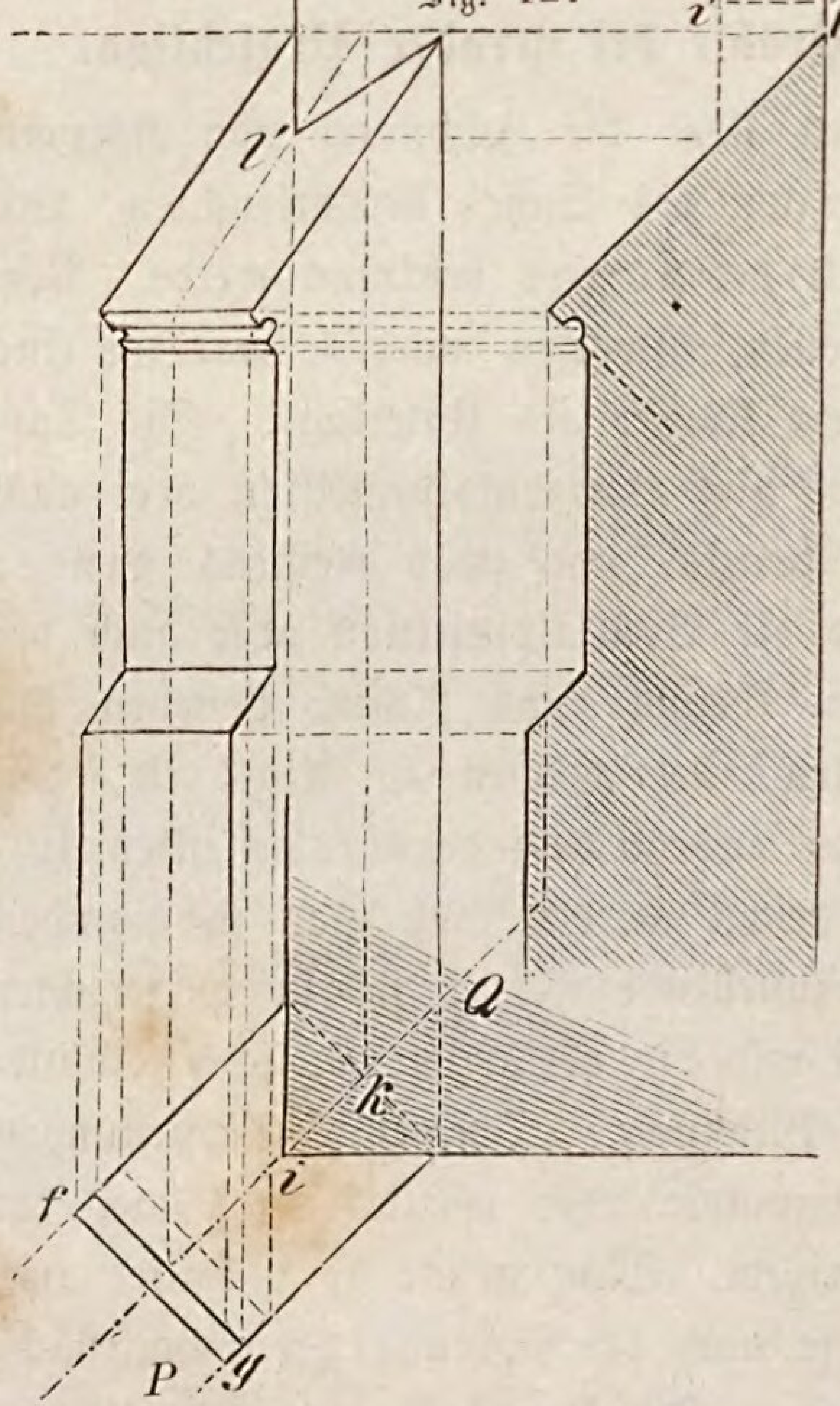
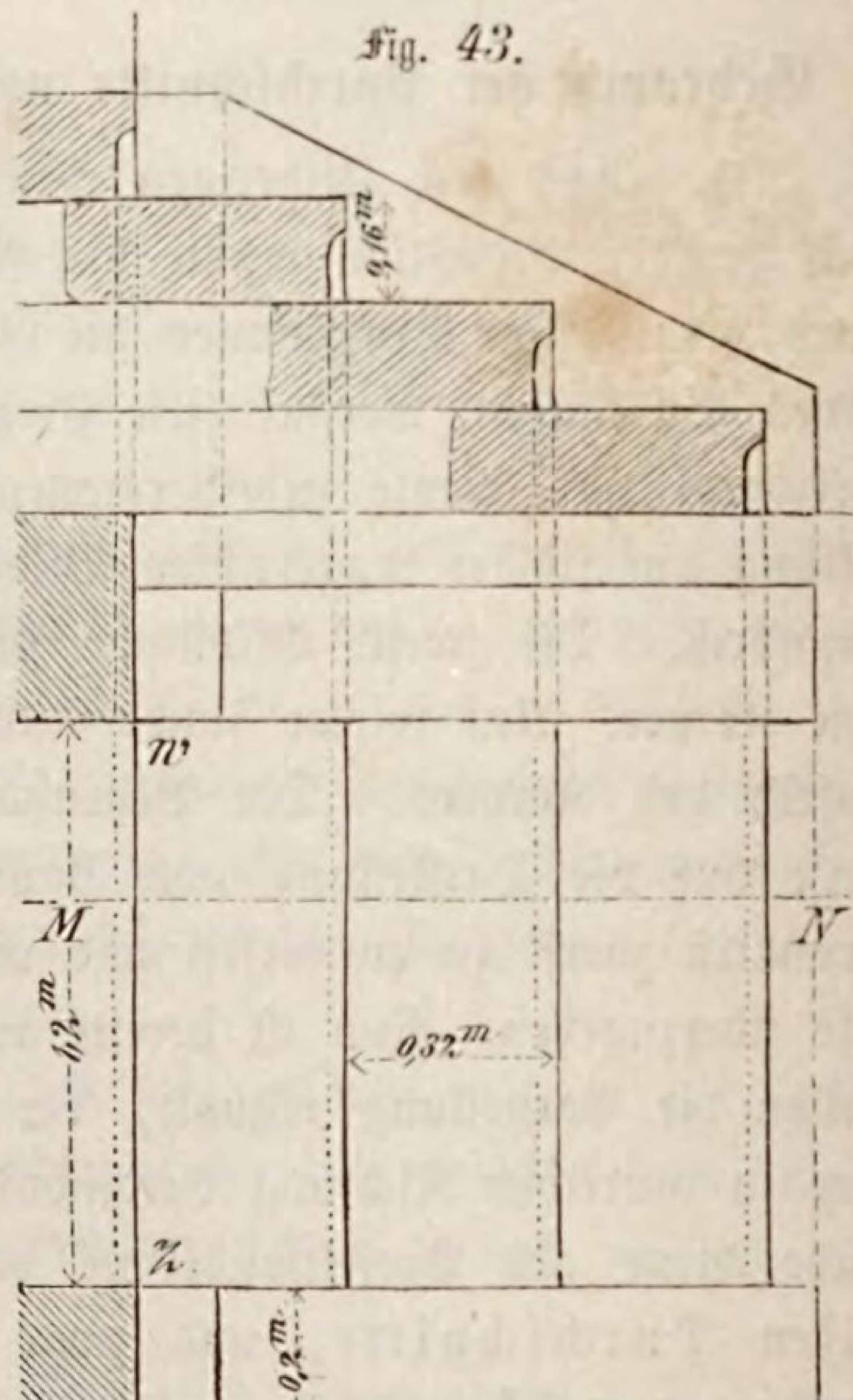


Fig. 43.



Der Aufriß, auf welchem der Pfeiler in schräger Richtung sich zeigt, wäre zur Bestimmung der Form des Körpers nicht mehr nöthig. Diese Darstellung kann aber gefordert werden, in so fern sie als Theil eines größeren Ganzen auftritt. Wie dieser Aufriß aus dem Grundriß und dem Profil im Allgemeinen abgeleitet worden, zeigt unsere Figur deutlich. Nur in Bezug auf den

Punkt l′ mag bemerkt werden, daß es, um ihn zu erhalten, nöthig war, aus dem Grundrisse das Maß ik in das Profil bei i′k′ überzutragen ꝛc.

93. Kleine Freitreppe mit Zargen, *Fig. 43.*

Grund- und Aufriß sind in unserer Figur als horizontaler und vertikaler Durchschnitt behandelt.

Die Linie MN des Grundrisses steht winkelrecht auf den Staffelkanten und kann zugleich als Richtung des vertikalen Durchschnittes betrachtet werden. Dieser zeigt erstens das Profil der Staffeln, zweitens hinter denselben eine Ansicht oder Projektion der Zarge und oberhalb noch ein Stück des Gewändes einer Thüre, zu welcher die Freitreppe hinaufführt. Diese zählt vier Staffeln oder Stufen, die Austrittsstaffel mitgerechnet. Die Tritthöhe einer Staffel ward halb so groß genommen als ihre Auftrittsfläche oder obere Breite. Wir haben die erstere mit 0,16 Meter, die zweite mit 0,32 Meter „cotirt“.

(Coten nennt man auf technischen Zeichnungen die eingeschriebenen Maße, und cotiren heißt so viel als Maße beischreiben. Wir gebrauchen hier das Metermaß.)

Im Grundrisse ist durch die Linie zw die lichte Weite der Thüröffnung angegeben, welche gleich ist der Länge der Staffeln. Wir haben diese lichte Weite, so wie die Zargendicke auch cotirt. Bezüglich dieses Grundrisses sei noch angemerkt, daß die schraffirten Stellen desselben horizontale Schnitte der Thürgewände dicht über der obersten Staffel vorstellen.

94. Steinernes Fenstergestelle im Rococostyl, *Fig. 44* (S. 60).

Unsere Darstellung begreift drei Stücke.

Erstens den Aufriß oder die gerade Ansicht, woraus lichte Breite und Höhe der Fensteröffnung, Breite und Gliederung der Einfassung ꝛc. zu entnehmen sind. Diese Ansicht ward für einige Haupttheile in Metermaß cotirt.

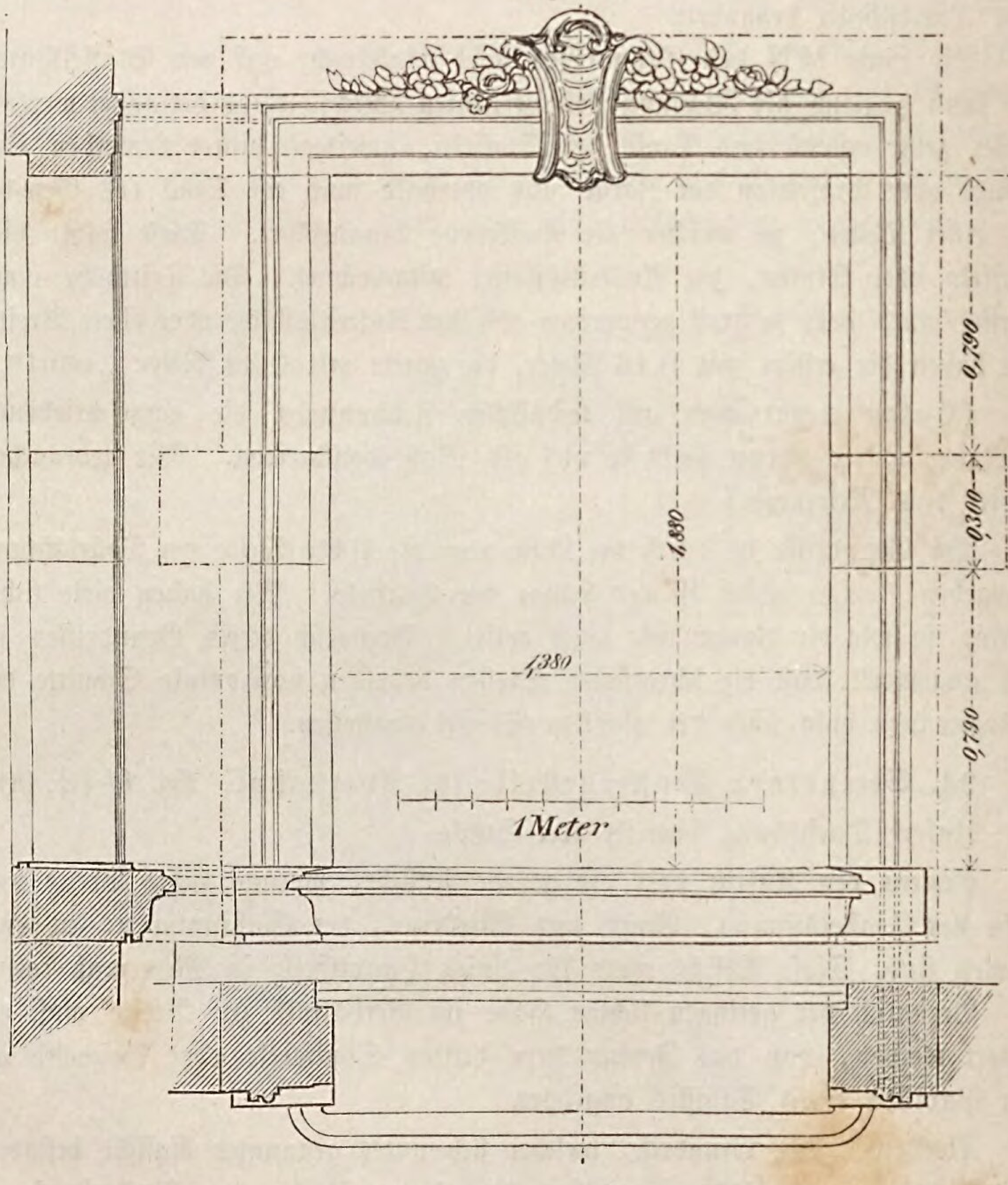
Bezüglich der geringen lichten Höhe im Verhältniß zur Breite muß erläutert werden, daß das Fenster dem dritten Stockwerke oder Geschosse an dem Pavillon eines Palastes angehört.

Zweitens. Der Grundriß, welcher sich unter genannter Ansicht befindet, zeigt nichts weiter als die Projektion der oberen Flächen der Fensterbank.

Was die schraffirten Theile betrifft, so veranschaulichen dieselben die wagerechten Schnittflächen der Gewändestücke und des anstoßenden Mauerwerkes unmittelbar über der Fensterbank, oder, wenn man will, es sind die Fugenflächen zwischen den Gewändestücken und den Theilen der Fensterbank, worauf sie stehen.

Drittens. Links neben dem Aufrisse ein senkrechter Durchschnitt des Fenstergestelles. Derselbe giebt oben ein Profil des Sturzes, unten ein Profil der Bank und zwischen beiden eine Seitenansicht des Gewändes.

Fig. 44.

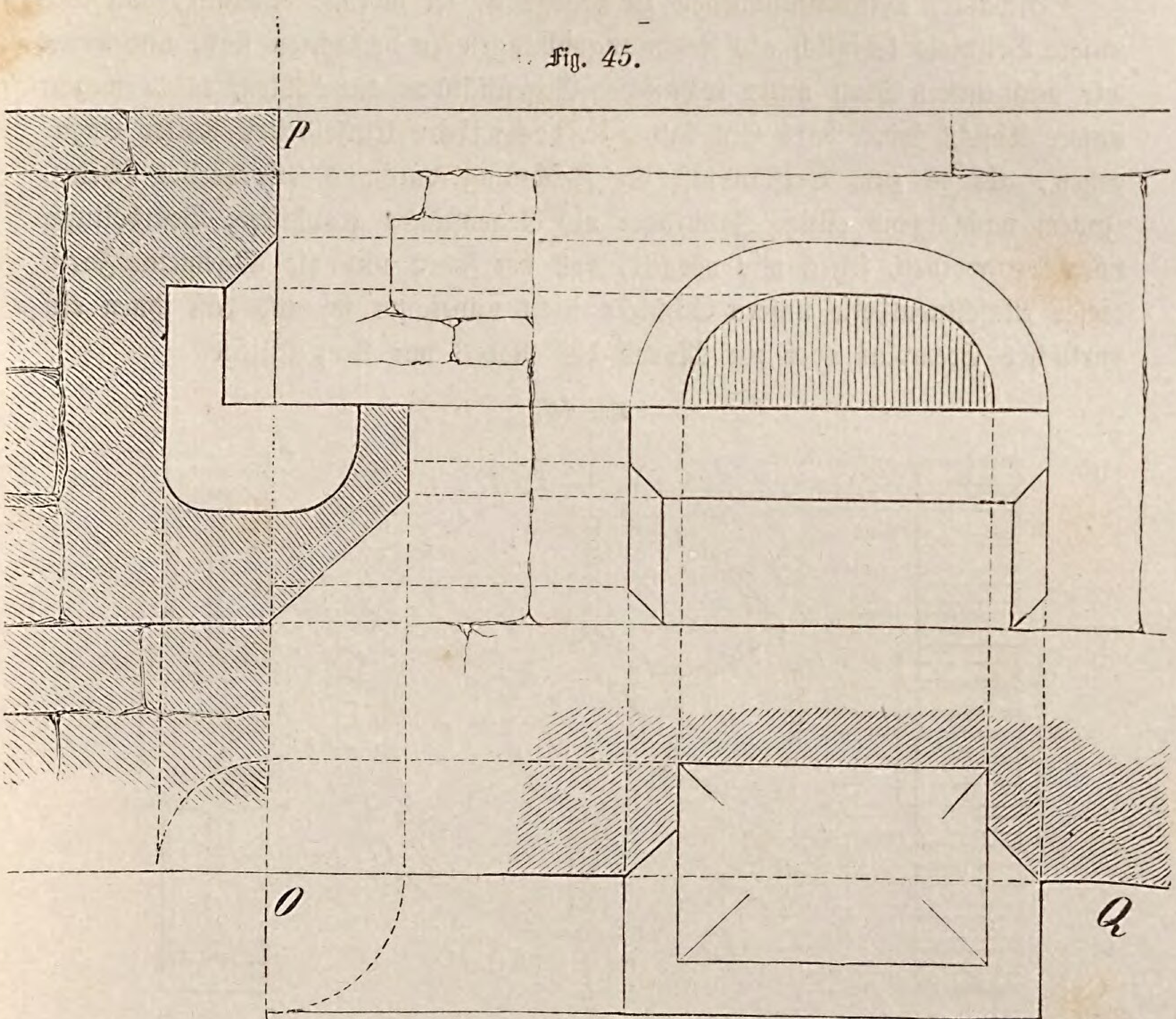


95. Eine Piscina, Fig. 45 (S. 61).

Piscina ist der Name eines steinernen Behälters für das Spülwasser in den Sakristeien gothischer Kirchen. Unsere Figur giebt, wiederum in drei Ansichten, die Darstellung eines solchen Behälters ohne allen ornamentalen Schmuck.

Rechter Hand sieht man den Aufriß, darunter den Grundriß, letzteren als horizontalen Schnitt dicht über dem vorspringenden Theile des Gefäßes behandelt.

Fig. 45.



Links vom Aufrisse hat ein senkrechter Schnitt durch die Mitte der Piscina Platz gefunden. Die durchlaufende senkrechte Linie OP ist die Vertikalprojektion der Wandfläche des Mauerkörpers, worin das Gefäß festsitzt, so wie OQ im Grundrisse die Horizontalprojektion derselben Wandfläche ausdrückt. Die Zeichnung des Durchschnittes mußte jener des Grundrisses vorhergehen, und man hat durch blinde Kreisbogen angedeutet, wie das Vor- und Zurücktreten einzelner Flächen aus dem Durchschnitte in den Grundriß zu übertragen sei.

Wie in dem vorigen Beispiele sind auch hier die drei Ansichten zur vollkommenen Darstellung des Ganzen nothwendig, was schon daraus hervorgeht,

daß weder der Grundriß oder Aufriß noch der Durchschnitt ohne Beizug eines der beiden anderen vollendet werden konnte.

96. Einige Maschinentheile.

Etwaigen Mißverständnissen zu begegnen, sei hiermit erwähnt, daß alle unsere Beispiele lediglich als Zeichnungsübungen zu betrachten sind, und wenn wir auch unsern Stoff unter technischen Gegenständen auswählen, es deswegen unsere Absicht keineswegs sein kann, in technische Einzelheiten weiter einzugehen, als es zum Verständniß der Zeichnung durchaus erforderlich scheint. Indem nachfolgend einige Zahnräder als Gegenstände graphischer Bearbeitung vorgelegt werden, setzen wir voraus, daß der Zweck und die allgemeine Form dieser Maschinentheile unsern Schülern nicht unbekannt sei und daß ihnen ein wirkliches Exemplar oder ein Modell des Rades vor Augen liege.

Fig. 46.

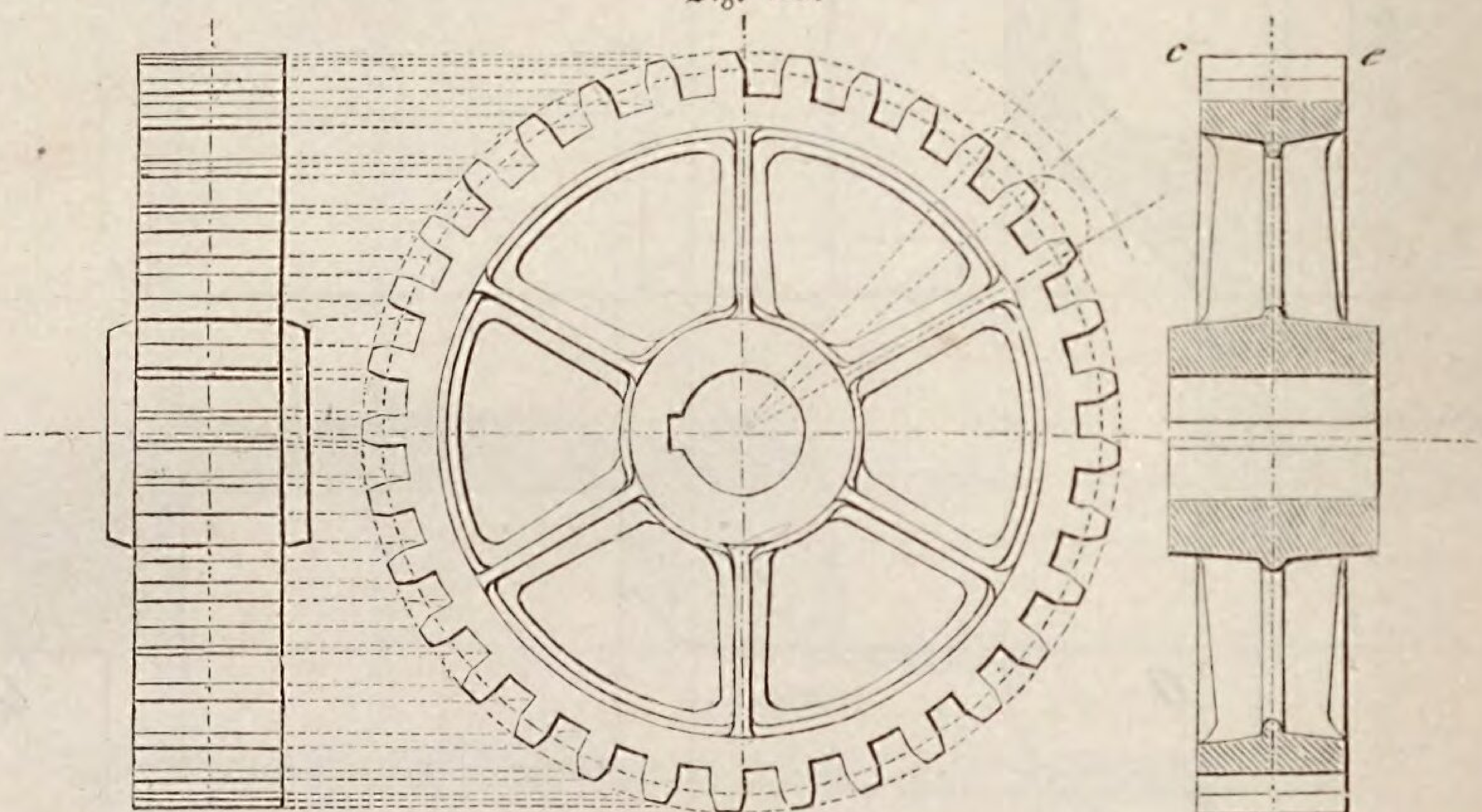


Fig. 46. Ein Stirnrad.

Die äußere Fläche des Rades soll vertikal stehen, und wir wollen annehmen, sie diene in ihrer Verlängerung als Bildfläche. Unsere mittlere Figur ist somit eine Vertikalprojektion. Rechts davon steht ein vertikaler Durchschnitt, in dessen Fläche die geometrische Axe des Rades liegt, und die Figur links ist eine Seitenansicht des Rades oder eine Vertikalprojektion desselben auf einer Fläche, welche der vorigen Durchschnittsfläche parallel steht. In dieser Darstellung kommt also kein Grundriß vor; dies hat jedoch wenig Bedeutung, denn man könnte sich auch denken, das Stirnrad läge wagerecht, dann bliebe rechts immer noch ein senkrechter Durchschnitt, in der mittlern Figur hätte

man einen Grundriß zu erblicken und linker Hand eine Vertikalprojektion. Diese letztere wird aber unter allen Umständen aus den beiden ersten abgeleitet.

Das erste Stück beim Zeichnen eines Zahnrades ist sein „Theilriß", nämlich derjenige Kreis, an welchem die Rundung der Zähne beginnt. In unserer Zeichnung, welche im 15. Theil der wahren Größe entworfen wurde, stellt der durchlaufende zweit-äußerste Kreis den Theilriß vor. Dieser Theilriß soll einen Durchmesser von 0,87 Meter haben. (Sobald man von der Größe oder dem Durchmesser eines Zahnrades spricht, ist die Größe oder der Durchmesser seines Theilrisses damit gemeint. Die Schüler werden ihre Zeichnung in größerem Maßstabe entwerfen und höchstens $^1/_5$ Verjüngung annehmen.)

Gleicherweise als schon bestimmt wollen wir annehmen, daß das Rad 33 Zähne erhalten soll. Der Theilriß muß deshalb in 33 gleiche Theile getheilt werden. Jeder dieser Theile heißt insbesondere „die Theilung" oder auch „die Schrift" des Zahnrades. Zur Ausführung hat man, wie oben rechts angedeutet, einen größeren Kreis als blinde Linie aufgerissen, diesen mittelst des Radius in sechs gleiche Theile zerlegt und je zwei Sechstel des Umfanges durch Probiren noch einmal in elf gleiche Theile. Aus allen Theilpunkten wurden Stücke von Radien nach dem Theilkreise gezogen und so dessen Theilung erhalten. Durch dies Verfahren wurde die Papierfläche zur weiteren Ausführung geschont, d. h. vom Zirkel nicht zu sehr durchstochen.

Zur näheren Erläuterung über den Entwurf der Zähne verweisen wir auf die größer gezeichnete Fig. *47* (S 65). 1, 2, 3 2c. dort sei die Theilung des Theilrisses. Jede Theilung hat man bei o noch einmal halbirt. Dies o ist das Centrum für zwei Stücke eines Kreises, welche die Rundung der Zähne angeben. Der Radius dieses Kreises ist so bemessen, daß die Dicke des Zahnes auf dem Theilkreise um etwa $^1/_{10}$ kleiner wird als der Zwischenraum zwischen zwei Zähnen. Was über den Theilriß vorsteht, heißt der Kopf des Zahnes. Die Köpfe werden durch einen dem Theilriß concentrischen Kreis begrenzt. Die Vertiefung des Zwischenraumes ist etwas größer als die Kopflänge und so genommen, daß die ganze Zahnlänge höchstens anderthalb Mal der Dicke des Zahnes gleich wird. Dem Radkranze gab man $^3/_4$ der Dicke des Zahnes.

Bis hierher konnte nach vorstehender Anleitung die Vertikalprojektion von Fig. *46* geführt werden; nun aber wird es nöthig, den Durchschnitt in Arbeit zu nehmen. Seine ganze Höhe ist gleich dem Durchmesser des Theilrisses, mehr der doppelten Kopflänge eines Zahnes; die Breite c e gleich der fünffachen

Zahndicke. Oben und unten sieht man die Seitenprojektion eines Zahnes; darauf folgen schraffirte Theile, es sind die Durchschnitte des Radkranzes, dessen vordere Dicke aus der mittleren Ansicht entnommen werden konnte. Die schrägstehenden Innenseiten des Kranzes und seine mittlere Verstärkungsrippe, endlich die Nabe konnten nun im Durchschnitte gezeichnet und hiernach die mittlere Ansicht weiter geführt werden.

Es bleiben noch die sechs Speichen oder Arme zu entwerfen, deren jede auf beiden Seiten eine Rippe erhält. Die Form dieser Rippen ist wieder aus dem Durchschnitt zu entnehmen, dessen Behandlung hier von den gewöhnlichen Regeln abweicht. Die Durchschnittsfläche nämlich geht mitten durch die Rippen der zwei aufrecht stehenden Arme, und die Schnittfläche müßte deshalb in der Figur rechts schraffirt sein. Den Radkranz jedoch besser kenntlich zu machen, hat man die herkömmliche Schraffirung unterdrückt und die Rippe wie in vertikaler Projektion gezeichnet.

Was schließlich die Seitenprojektion linker Hand betrifft, so wäre dieselbe rein entbehrlich, in so fern es sich nur um die Darstellung des Rades handelte. Allein bei der Zeichnung einer ganzen Maschine, von welcher das Rad einen Bestandtheil bildet, kann diese Seitenprojektion gefordert werden. Die Breiten derselben sind aus dem Durchschnitte zu entnehmen, und wie die einzelnen Zähne aus der geraden Ansicht herüber projicirt werden, sieht man deutlich angegeben.

Fig. *48* und *49*. Ein Triebrad.

Triebrad, Getriebe, auch Trieb nennt man das kleinere von zwei Stirnrädern, deren Verzahnung in gegenseitigem Eingriffe steht.

Die Fig. *48* ist in $\frac{1}{4}$ der wahren Größe gezeichnet; unsere Schüler aber werden den Maßstab von $\frac{1}{2}$ anwenden. Der Theilriß sollte einen Durchmesser $o' p'$ von 0,216 Meter haben und für 20 Zähne getheilt werden. Im Uebrigen geschah die Zeichnung der Zähne nach der vorhergegangenen Anleitung.

Der Durchschnitt ist durch eine, das Centrum des Rades enthaltende wagerechte Fläche hervorgebracht. Obschon hier zwei Zähne in ihrer Mitte zertheilen würden, ist hierauf dennoch keine Rücksicht genommen, sondern diese Zähne sind so gezeichnet worden, als ob sie unmittelbar unter der Schnittfläche lägen. Dadurch zeigt der schraffirte Theil den eigentlichen Körper des Rades. Wegen seines geringen Umfanges erhielt dasselbe keine Speichen, zur Verringerung der Masse aber auf jeder Seite eine halbringförmige Vertiefung. Als Breite c e der Zähne ward 4,5 mal die Zahndicke (auf dem Theilrisse gemessen) genommen.

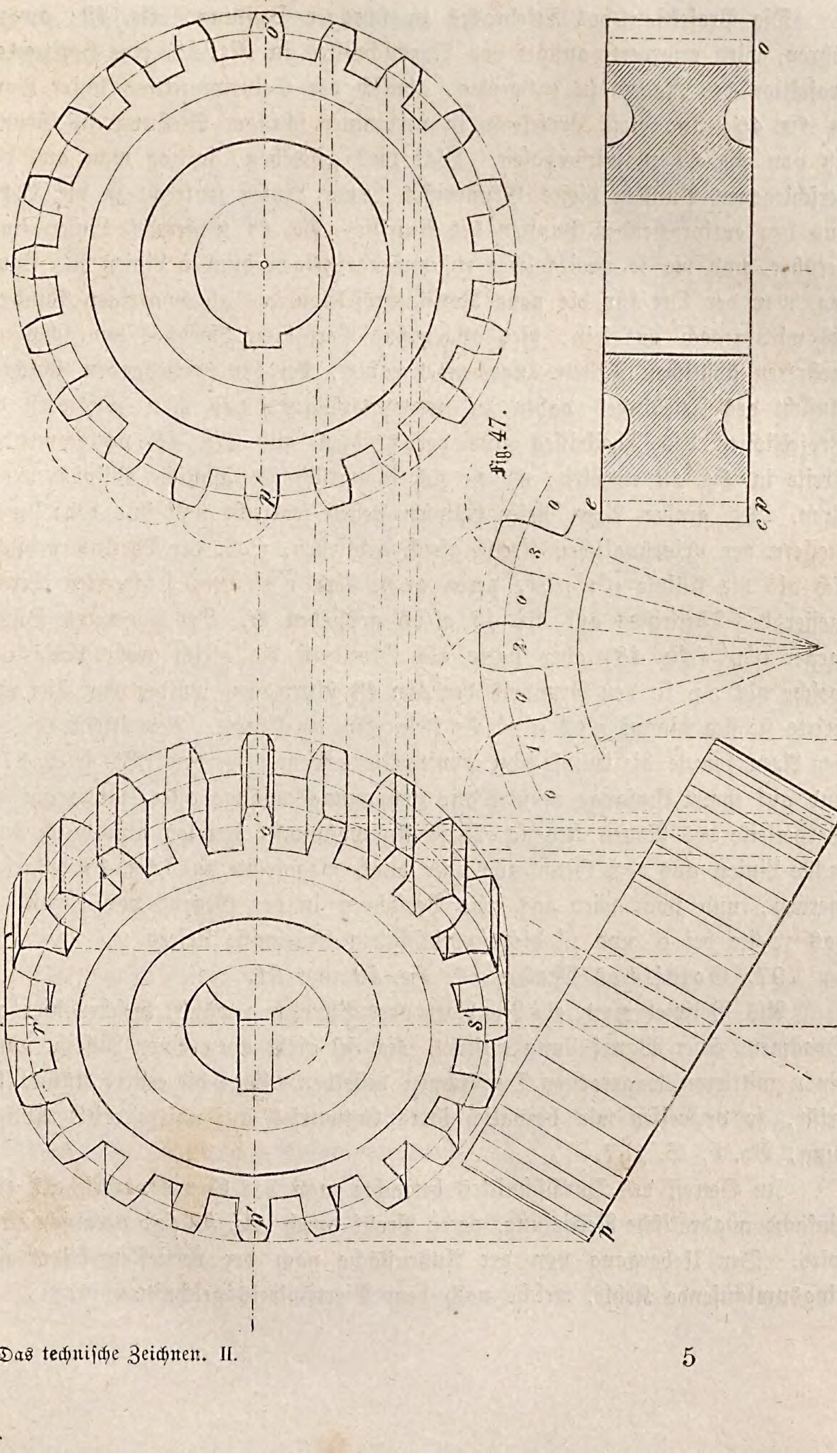


Fig. 48.

Fig. 47.

Fig. 49.

Die Projektion des Triebrades in schräger Stellung, Fig. *49*, auszuführen, wird erfordert, anstatt des Durchschnittes in Fig. *48*, eine Horizontalprojektion des Rades zu entwerfen, ähnlich der Seitenprojektion linker Hand in Fig. *46*, und diese Projektion in verlangter schräger Stellung als Grundriß von Fig. *49* zu wiederholen. War dies geschehen, so zog man aus den verschiedenen Punkten dieses Grundrisses blinde Linien senkrecht in die Höhe; aus den entsprechenden Punkten des Aufrisses Fig. *48* wagerechte Linien links herüber, und wo je zwei solcher zusammengehörigen blinden Linien sich kreuzten, war der Ort für die neue Vertikalprojektion des gleichnamigen Punktes. Es wird jedoch gut sein, dies allgemeine Verfahren, welches wir schon in mehreren ähnlichen Fällen angewendet haben, bei der vorliegenden schrägen Ansicht des Triebrades dahin zu vervollständigen, daß man zuvörderst die Projektionen des Theilrisses und der übrigen auf Fig. *48* vorkommenden Kreise in Fig. *49* entwirft, wo sie sich sämmtlich als ähnliche Ellipsen projiciren. Die großen Axen dieser Ellipsen stehen senkrecht und sind den Durchmessern der ursprünglichen Kreise gleich geblieben, z. B. der Theilriß projicirt sich als die Ellipse o′r′p′s′, deren große Axe r′s′ dem senkrechten Durchmesser des Theilrisses auf Fig. *48* gleich geblieben ist. Der wagerechte Durchmesser o′p′ (Fig. *48*) aber hatte als Grundriß die gleich große Linie o p, welche als o p in den Grundriß der Fig. *49* übertragen wurde; von hier projicirte sie sich hinauf nach o′p′ als kleine Axe der Ellipse. Vermittelst der beiden Axen konnte die Ellipse nun punktweise bestimmt werden (Bd. I, S. 170) und auf ihrem Umfange mußten die Krümmungsanfänge aller Zähne auf der Vorderseite des Rades liegen. Diese Anfangspunkte konnten nun durch senkrechte Linien aus dem Grundrisse oder durch wagerechte aus Fig. *48* festgelegt werden, und zwar wird das erste Verfahren in der Gegend von r′ und s′, das zweite bei o′ und p′ die zuverlässigsten Ergebnisse liefern ꝛc.

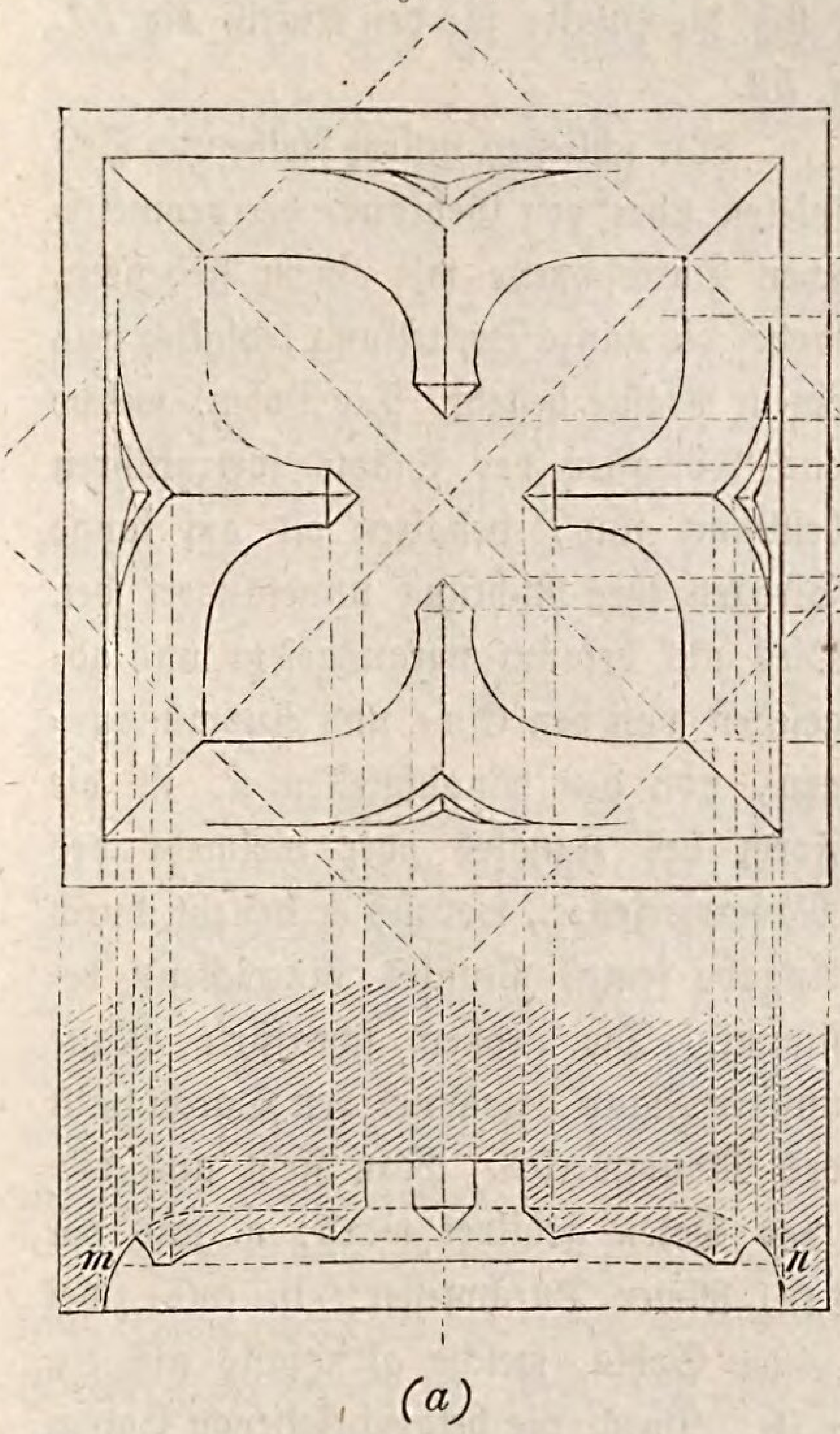
97. Gothisches Maßwerk, Fig. *50* und *51*.

Als Beispiel ward ein Vierblatt oder Vierpaß gewählt, welcher hier als Ornament einer Wandfüllung auftritt. Fig. *50* giebt oben einen Aufriß, unten einen mittleren wagerechten Durchschnitt desselben. Was die erstere Ansicht betrifft, so verweisen wir bezüglich ihres Entwurfes auf unsere dritte Abtheilung, Bd. I, S. 157.

In Betreff des Durchschnittes betrachte man das Ganze vorerst als eine einfache quadratische Vertiefung, deren Profil durch Fig. *50 (a)* veranschaulicht wird. Den Uebergang von der Außenfläche nach der vertieften bildet eine ringsumlaufende Kehle, welche nach dem Viertelskreis geschnitten ist.

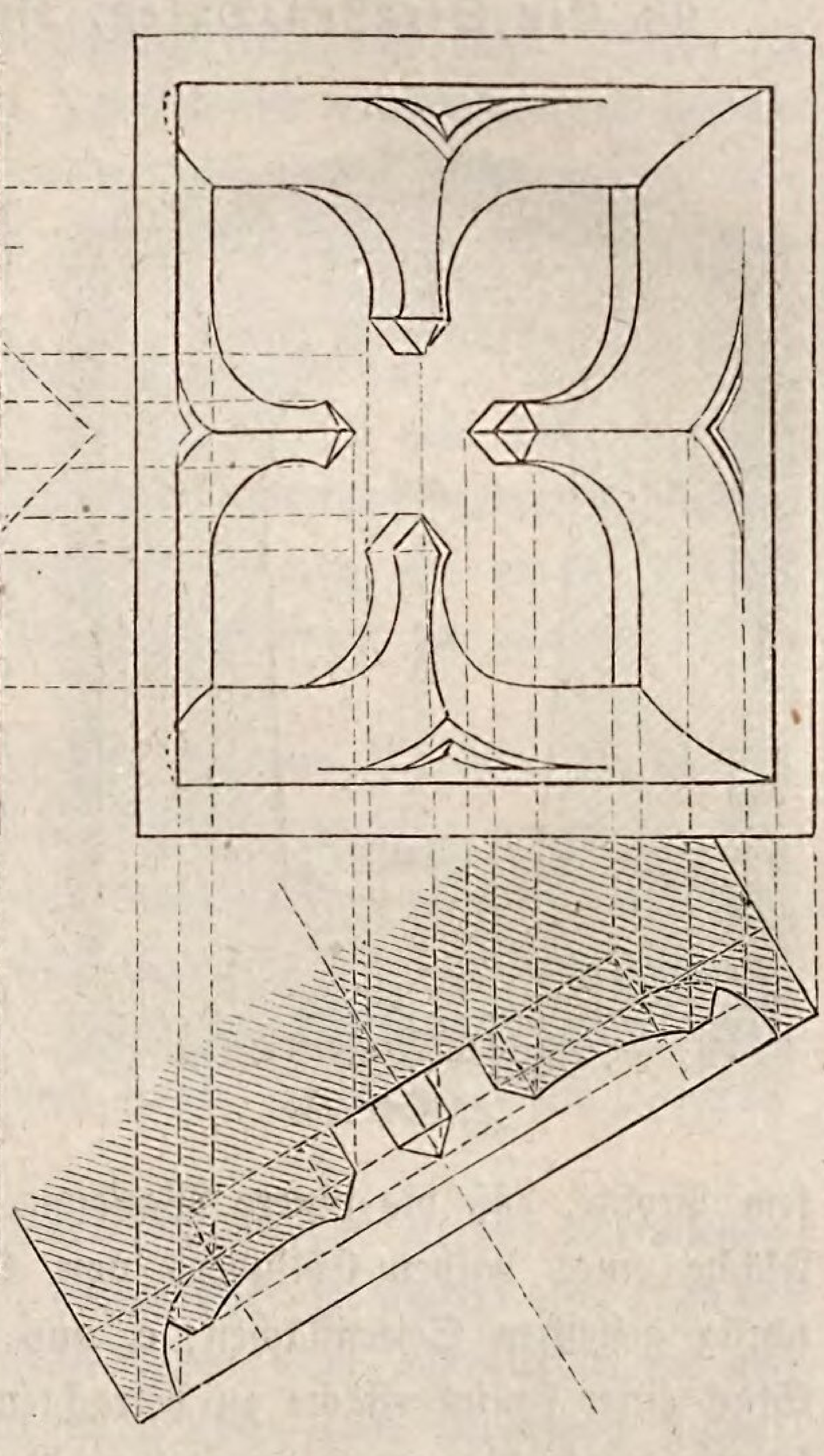
An die Kehle schließt sich ein Plättchen, dessen Höhe dem halben Radius des Viertelskreises gleicht.

Fig. 50.



(a)

Fig. 51.



Aus dieser Grundform, welche in dem Durchschnitte Fig. 50 (a) gut zu erkennen ist, wird durch Ansetzen der vier Nasen, eine je in der Mitte der Hohlkehle, das Vierblatt gebildet. Die Nasen nehmen ihren Ursprung nicht gleich an der Außenseite, sondern etwas vertieft an einer Fläche, welche der Außenfläche parallel liegt und im Grundrisse durch die Linie mn bezeichnet wird. Die Nasenspitzen sind abgeschrägt und bilden in beiden Ansichten mit den Mittellinien halbe rechte Winkel.

Fig. 50 (a).

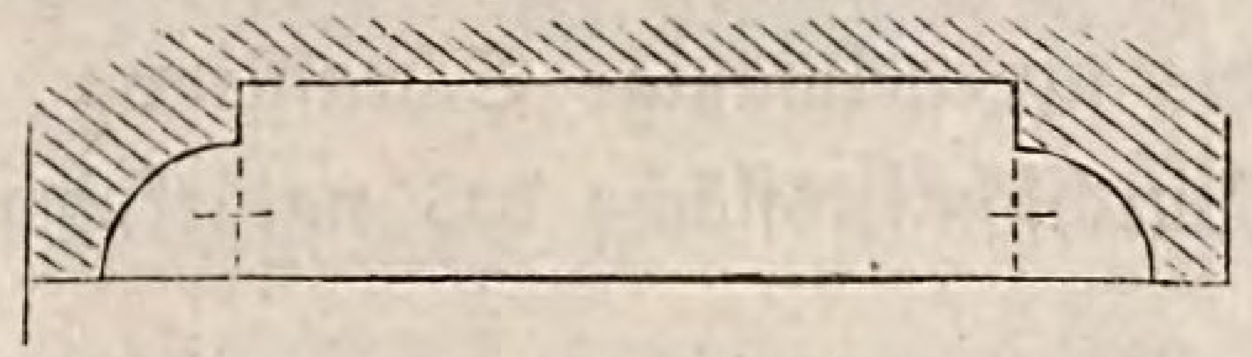
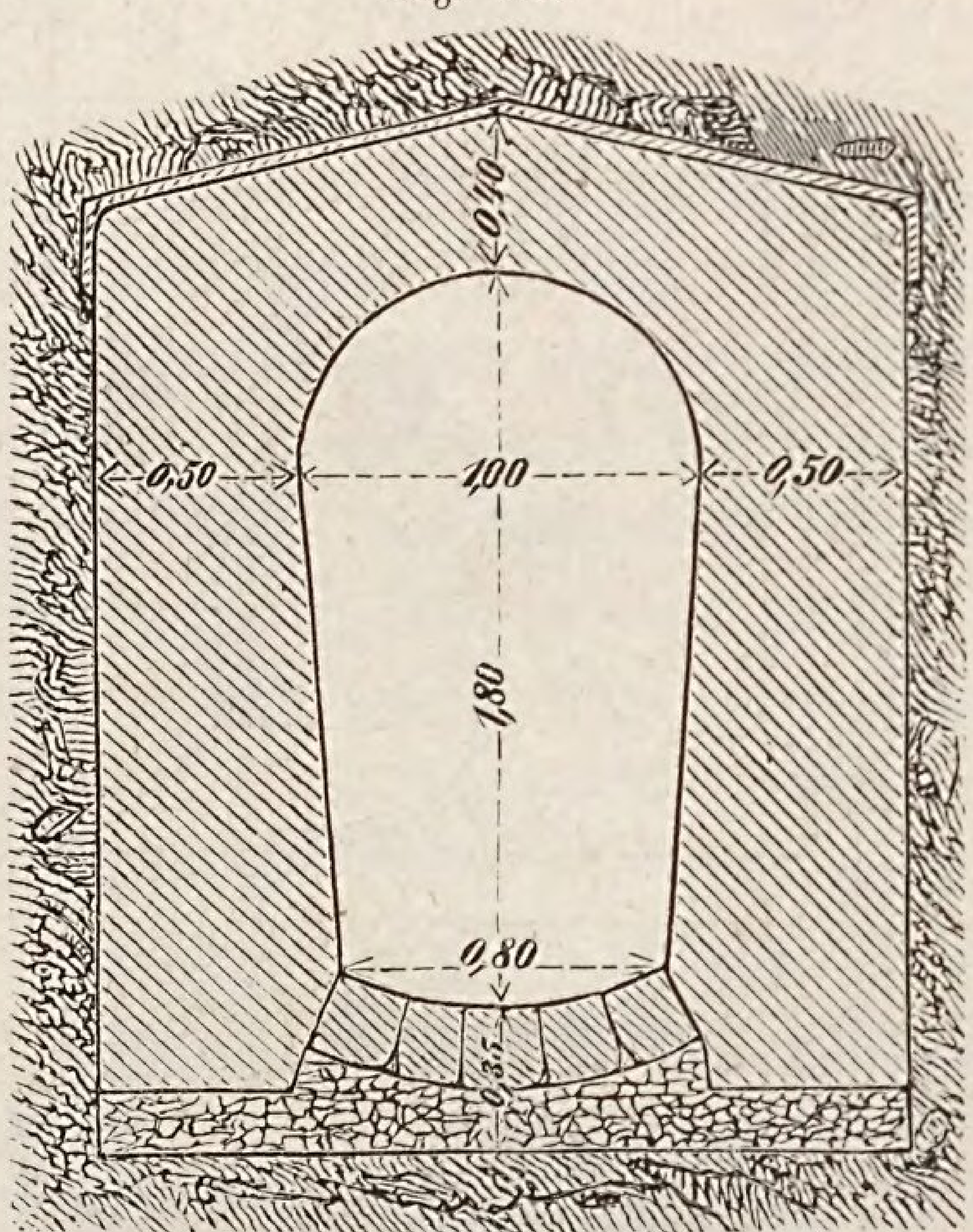


Fig. 51 zeigt eine Ansicht des Vierblattes in schräger Stellung. Den

Aufriß zu erhalten, mußte zuerst der horizontale Durchschnitt in ganz gleicher Gestalt wie zuvor, aber in schräger Stellung entworfen werden. Vermittelst blinder Linien, welche von da aus in die Höhe und aus dem Aufrisse Fig. *50* rechts hinübergezogen wurden, ergaben sich die Punkte für den Aufriß Fig. *51*.

98. Ein Straßen-Dolen, Fig. *52*.

Fig. *52*.



$^1/_{50}$ Nr. Gr.

Wir schließen unsere Reihe von Beispielen über den Gebrauch der geometrischen Durchschnitte mit einem siebenten, wobei die ganze Darstellung lediglich aus einem Profile besteht. Die Dolen, welche das Abwasser der Städte fortzuführen bestimmt sind, behalten oft auf lange Strecken ihre Richtung unverändert bei. Dies als bekannt vorausgesetzt und abgesehen von den Ein- und Ausmündungen, von den Eingußstellen ꝛc. ist die Form des Kanales oder vielmehr des Mauerwerkes ꝛc., woraus er besteht, durch Angabe seines Profiles hinreichend bestimmt. Die größere schraffirte Masse unserer Figur bezeichnet den Durchschnitt des Mauerwerkes. Man sieht aus diesem Profile, daß die innere Wandung des Dolen gebildet ward: a. aus der Fläche eines halben Cylinders von 1,00 Meter Durchmesser; b. aus zwei schräg gestellten Seitenflächen; c. aus einer Sohle, welche gleichfalls als ein Stück einer Cylinderfläche zu betrachten ist. Durch die beigeschriebenen Coten, so wie durch die unten angegebene Verjüngung der Projektion, nämlich durch die Angabe, daß die Zeichnung in $^1/_{50}$ der wahren Größe entworfen sei, wird alles auf das Profil Bezügliche nach Maß, Gestalt und Lage festgesetzt. Das Mauerwerk sieht man oben durch eine Cementschicht gegen eindringende Feuchtigkeit geschützt; ein Béton-Fundament dient demselben zur Unterlage und durch die unregelmäßige Schraffirung, welche das Ganze umgiebt, pflegt man die Durchschnittsfläche des natürlichen Bodens anzudeuten.

Körper in beliebiger Stellung zu projiciren.

99. In den manchfachen Beispielen über die Projektionen von Körpern verschiedener Form, welche bisher gegeben worden sind, war es unser Bestreben,

diese Projektionen überhaupt auf die möglichst einfache Art zu erhalten, und man dachte sich deshalb den jeweils vorgelegten Körper in einer solchen Stellung, welche das Erreichen des Zieles am meisten begünstigte. Hatte der Körper z. B. eine wagerechte Grundfläche, so dachte man sich, daß er mit dieser Grundfläche oder Basis auf der wagerechten Bildfläche ruhe. Waren auf diese Weise zwei Projektionen oder auch Durchschnitte ꝛc. des Körpers gewonnen und seine Form dadurch bestimmt ausgedrückt, dann haben wir zu verschiedenen Malen aus diesen ersten noch andere Projektionen, namentlich Vertikalprojektionen des Körpers abgeleitet.

Dabei waren zweierlei Grundvorstellungen festzuhalten:

a. man konnte, wie in den Fig. *14* und *16* (S. 24 und 25), um den Körper neue vertikale Bildflächen aufstellen und denselben darauf projiciren, indem man von dem unveränderten Grundrisse ausging und daran festhielt, daß jeder Punkt des Körpers in allen Vertikalprojektionen die gleiche Höhe haben müsse;

b. man konnte, wie in Fig. *19* und *48* (S. 28 und 65), den Körper auf seiner Grundfläche so drehen, daß er die beabsichtigte Stellung gegen die vertikale Bildfläche erhielt, und dann die neue Projektion unter Berücksichtigung der zwei Sätze ausführen, daß erstlich durch die Drehung der Grundriß des Körpers, der Form nach, unverändert blieb und nur seine Lage änderte, und daß zweitens die Höhen der einzelnen Punkte jenen der ersten Vertikalprojektion gleich blieben.

Nun kommt es vor, daß auf technischen Zeichnungen Körper darzustellen sind, deren Form an sich zwar einfach ist, welche aber in schiefer oder schräger Stellung erscheinen der Art, daß ihre Projektionen nicht unmittelbar zu gewinnen sind. Zu zeigen, wie man sich in solchem Falle benehmen müsse, ist der Zweck nachfolgender Aufgaben.

Zur Einleitung wollen wir demjenigen, was so eben unter b. über die unveränderliche Gestalt des Grundrisses gesagt worden, noch folgende Erörterung über den Aufriß beifügen.

Stellet euch eine Wand oder eine Tafel vor, welche als vertikale Bildfläche dienen kann.

Nehmt ein Stäbchen zur Hand, welches 13 Zoll lang ist.

Haltet es so vor die Tafel, daß der eine Endpunkt des Stäbchens 2 Zoll von der Tafel abstehe, der andere Endpunkt 7 Zoll.

Entwerfet in dieser Stellung die Projektion des Stäbchens auf der Tafel, dann wird sich finden, daß sie 12 Zoll lang sei.

Gebet nun dem Stäbchen irgend eine veränderte Stellung, so jedoch, daß der eine Endpunkt stets 2 Zoll, der andere stets 7 Zoll von der Tafel entfernt bleibe, und entwerfet abermals die Projektion des Stäbchens in der neuen Stellung, so wird diese Projektion wiederum 12 Zoll lang werden, denn es ist, als ob das Stäbchen mit der Tafel unveränderlich verbunden wäre, so daß seine Endpunkte die angegebenen Entfernungen von 2 und 7 Zollen haben; wird nun das Stäbchen auf die Tafel projicirt und dann beides, Tafel wie Stäbchen, in beliebige Stellung gebracht, so kann dies die Projektion selber nicht berühren.

Was hier von dem einfachen Stäbchen gesagt worden, gilt auch von andern Körpern. Man stelle einen Körper vor eine vertikale Fläche und projicire ihn darauf, man neige oder drehe den Körper so, daß seine Punkte in unveränderter Entfernung von der Bildfläche bleiben und projicire ihn wiederum, so werden beide Projektionen der Gestalt nach ganz gleich ausfallen und nur in der Stellung verschieden sein.

Die letzten Bemerkungen sind zwar schon in dem enthalten, was in §. 28 über das Vertauschen der Projektionen gesagt worden, es schien jedoch zweckmäßig, hier ausführlich darauf zurückzukommen.

100. **Erstes Beispiel.**

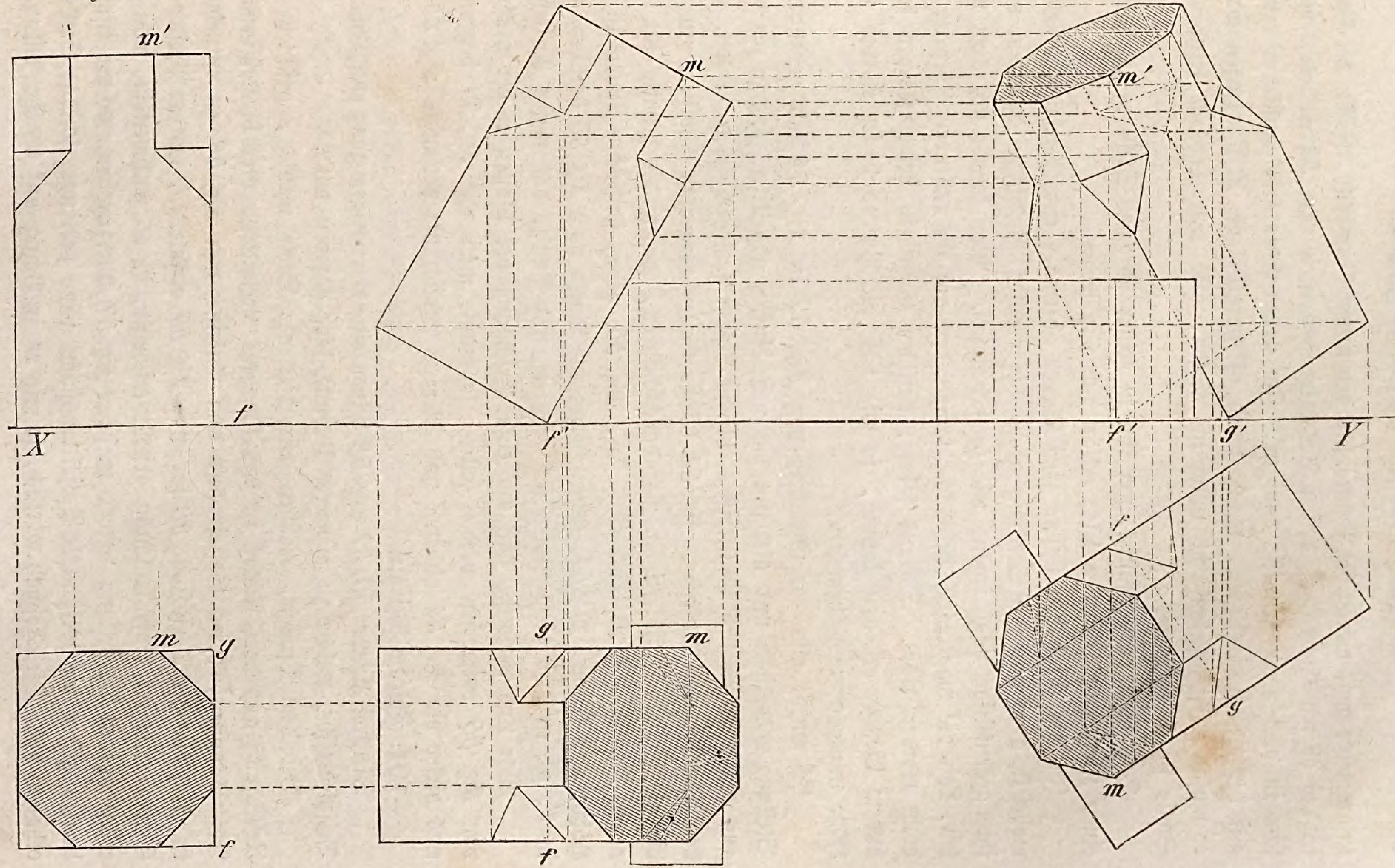
Die Fig. *53* stellt Grund- und Aufriß eines achteckigen Pfostens dar, welcher unten in die quadratische Grundform übergeht. Den Uebergang, welcher in Fig. *15*, S. 24 durch kleine Halbpyramiden vermittelt ward, bilden hier Abschrägungen in Form von gleichschenkligen Dreiecken, welche sich im Aufrisse als gleichschenklig-rechtwinklige Dreiecke darstellen.

Der Körper ist in Fig. *54* so gezeichnet, als ob er in Fig. *53* um die Kante fg seiner Grundfläche gedreht und nach der rechten Seite geneigt worden wäre.

Diese Kante fg aber steht rechtwinklig gegen die Grundlinie XY, und ihre Projektion im Aufrisse von Fig. *53* ist der Punkt f′. Daraus nun folgt, daß der Pfosten während der Drehung seine Abstände von der vertikalen Bildfläche nicht ändern konnte und daß nach vollendeter Bewegung die neue Vertikalprojektion Fig. *54* an Gestalt jener von Fig. *53* vollkommen gleichen mußte. Man hatte also nur im Aufrisse von Fig. *54* den Aufriß von Fig. *53* in schräger Stellung zu wiederholen.

Was den Grundriß von Fig. *54* betrifft, so zog man aus allen Punkten des Grundrisses *53* parallele Linien mit XY und dann aus den Punkten des Aufrisses *54* blinde Linien senkrecht herab; wo die gleichnamigen Linien

Fig. 53. Fig. 54. Fig. 55.



zusammentrafen, waren die Punkte für den neuen Grundriß. Z. B. der Punkt m der oberen Endfläche, dessen Vertikalprojektion in Fig. *53* m′ ist, dieser kam in dem neuen Aufrisse nach m′. Im neuen Grundrisse mußte er erstlich auf der Hülfslinie liegen, welche durch m parallel mit X Y gezogen ward; er mußte zweitens senkrecht unter m′ liegen, also war dadurch seine neue Stelle in m bestimmt ꝛc.

Daß man dem Pfosten, um ihn in seiner schrägen Stellung zu halten, einen Klotz untergeschoben hat, erklärt sich von selber.

In Fig. *55* haben unsere zwei Körper abermals eine Drehung erhalten, wobei sie aber nur ihre Stellung gegen die vertikale Bildfläche änderten, ohne ihre gegenseitige Lage irgend wie zu behelligen. Man konnte sich auch denken, daß die wagerechte Bildfläche sammt den auf ihr ruhenden Körpern gedreht worden wäre. Daraus folgte, daß der Grundriß beider Körper keine andere Gestalt erhalten konnte, so wie daß die Punkte dieser Körper ihre Höhe unverändert beibehielten.

Es wurde also der Grundriß von Fig. *55* in Fig. *54* mit veränderter Stellung wiederholt und alsdann der neue Aufriß abgeleitet. Hierzu zog man aus den Punkten des Grundrisses blinde Linien senkrecht in die Höhe, aus den Punkten des Aufrisses Fig. *54* blinde Linien wagerecht hinüber, und wo die gleichnamigen Hülfslinien sich durchschnitten, waren die Punkte für den neuen Aufriß. Z. B. aus f, g, m, Fig. *55*, gehen senkrechte Linien in die Höhe; aus f′, m′, Fig. *54*, gehen wagerechte Linien nach Fig. *55* herüber, und in f′, g′, m′, wo diese Linien sich kreuzen, sind Punkte des neuen Aufrisses.

War nun verlangt, daß auf einer Zeichnung der Pfosten in der Stellung von Fig. *55* entworfen werden sollte, so mußte man mit Fig. *53* beginnen, aus dieser die Fig. *54* ableiten und hieraus endlich die verlangte Fig. *55*.

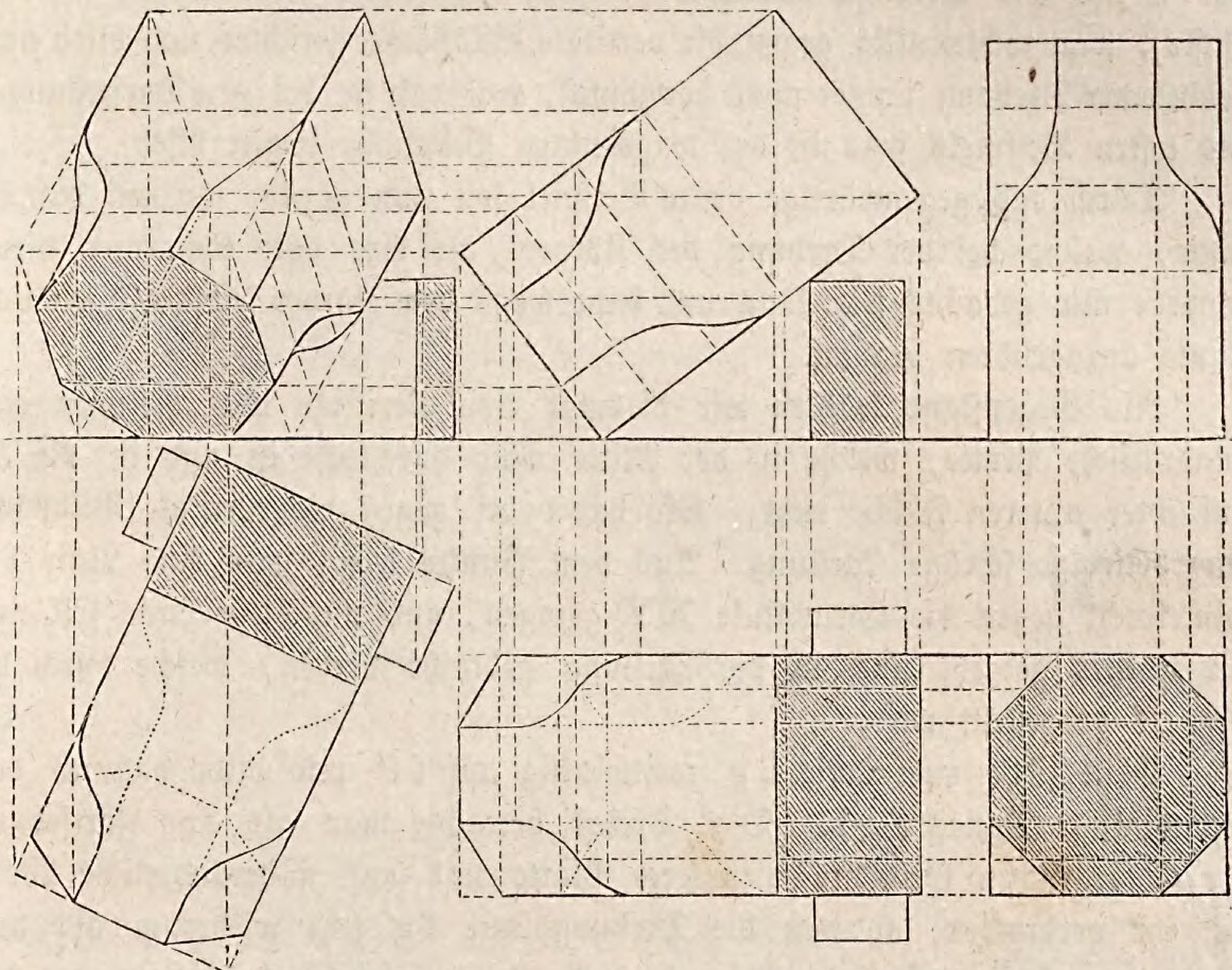
101. Zweites Beispiel.

Die drei Figuren *56*, *57* und *58* bilden eine der vorigen ganz entsprechende Beispielsreihe, welche zu mehrerer Uebung hier gegeben wird.

Bei dem Pfosten, welchen wir hier als Stoff wählen, geschieht der Uebergang aus dem Achteck in das Quadrat vermittelst vier karnießförmiger Abschrägungen, deren Gestalt aus dem Aufrisse von Fig. *58* zu entnehmen ist. Um aus der Darstellung *58* jene von Fig. *55* abzuleiten, wo der Pfosten im Grund- wie im Aufrisse schräg gestellt erscheint, ist es nothwendig, von der erstgenannten Darstellung vorerst zu jener Fig. *57* überzugehen, wo der Pfosten bereits gegen die horizontale Projektionsfläche seine verlangte schräge Stellung erhalten hat. Dies geschah wörtlich, so wie es in Bezug auf die Darstellungen

53 und 54 erklärt worden. Dadurch hat der Grundriß von Fig. 57 die verlangte Gestalt bereits gewonnen und er durfte nur (bei abgeänderter Stellung) in Fig. 56 wiederholt werden. Der Aufriß von Fig. 58 ergab sich wieder aus dem Zusammenwirken des Grundrisses dieser Figur und des Aufrisses von Fig. 57.

Fig. 56. Fig. 57. Fig. 58.



102. **Drittes Beispiel.**

In den beiden vorhergehenden Beispielen oder Beispielsreihen verwendeten wir einen Körper, welcher auf quadratischer Basis ruhte. Eine Kante dieser Basis diente bei der Drehung des Körpers als Axe oder Scharnier, und diese Kante mußte im Grundrisse rechtwinklig gegen die Grundlinie der vertikalen Bildfläche gestellt sein. Hierin liegt die Fundamentalbedingung für das Ableiten der zweiten Darstellung aus der ersten. In Fig. 53 ward die Kante der Grundfläche, welche als Scharnier diente, mit fg bezeichnet. Dies fg mußte gegen XY rechtwinklig stehen und sich darauf als ein einziger Punkt f′ projiciren. Bei jeder andern Stellung von fg würde der Körper während der Drehung, die man ihm gab, der vertikalen Bildfläche sich genähert oder von ihr entfernt haben, und die neue Vertikalprojektion wäre nicht

nur der Stellung, sondern auch der Gestalt nach von der ersten verschieden geworden, d. h. sie hätte gar nicht mehr direkt aus ihr abgeleitet werden können.

Dem Körper, welcher in dem zweiten Beispiele auftritt, gab man mehr als eine Viertelsdrehung, so daß, um diese physisch möglich zu machen, der Körper zuvor in die Höhe hätte gehoben werden müssen. Die Kante aber, um welche die Drehung alsdann stattfand (diejenige linker Hand an der Basis), war rechtwinklig gegen die vertikale Bildfläche gerichtet und blieb nach geschehener Drehung immer noch horizontal, während sie bei den Darstellungen des ersten Beispiels stets in der wagerechten Bildfläche liegen blieb.

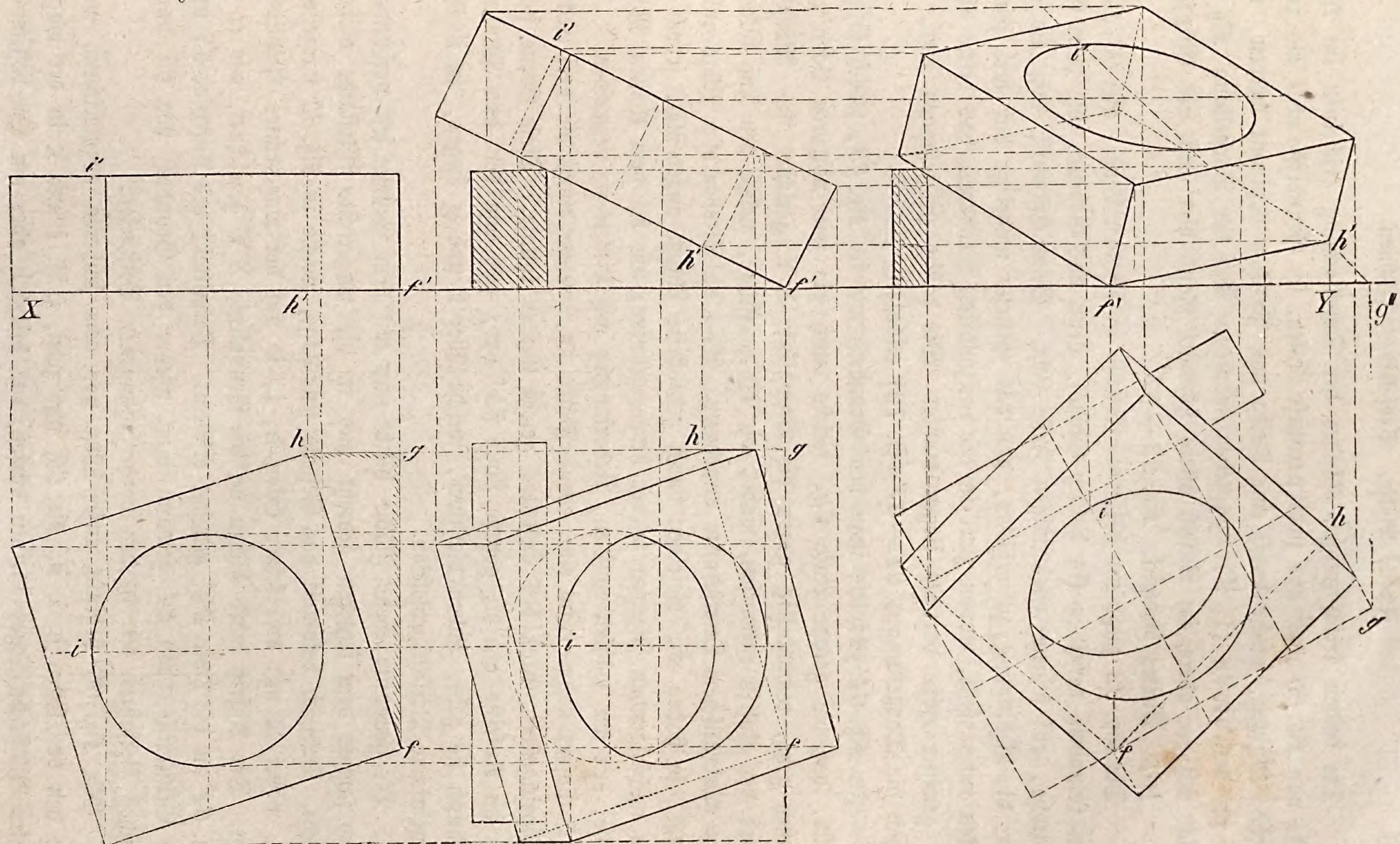
Durch das gegenwärtige dritte Beispiel soll nun gezeigt werden, daß die Linie, welche bei der Drehung des Körpers als Axe oder Scharnier dient, jedwede nur gedachte sein kann und keineswegs dem Körper selbst als wirkliche Kante anzugehören braucht.

Als Gegenstand wählen wir diesmal eine viereckige oder vielmehr eine quadratische Platte, welche in der Mitte rund durchlocht ist und in Fig. *59* auf ihrer unteren Fläche ruht. Sie hat dabei gegen die vertikale Bildfläche eine beliebige schräge Stellung. Aus dem Punkte f hat man eine Linie $f f'$ winkelrecht gegen die Grundlinie XY gezogen, und um diese Linie soll nun der Körper gedreht und in die Stellung gebracht werden, welche durch die Fig. *61* vorgestellt wird.

Man ziehe eine Linie $h g$ rechtwinklig auf $f f'$ und bilde dadurch das rechtwinklige Dreieck $f g h$. Dies Dreieck betrachte man als eine Fortsetzung der quadratischen Grundfläche unserer Platte und auf unveränderliche Weise mit ihr verbunden, so daß die Drehungslinie $f g$ jetzt wiederum als dem Körper angehörig erscheint. Wird diese Vorstellung festgehalten, dann ergeben sich die drei Darstellungen *59, 60, 61* eine aus der andern ganz so, wie in den zwei vorhergegangenen Beispielen. Der Aufriß von *59* wird in *60* wiederholt, aber in schräger Stellung, und die Projektion des stützenden Körpers beigefügt. Hieraus und aus dem Grundriß von *59* leitet man den Grundriß von *60* ab. Dieser wird in *61* wiederholt, aber in veränderter Stellung. Aus diesem Grundrisse und aus dem Aufrisse von *60* folgt endlich der Aufriß von Fig. *61*.

Das Dreieck $f g h$ Fig. *59* z. B. hatte $f' h'$ als Vertikalprojektion. In Fig. *60* projicirt sich dasselbe Dreieck nach $f g h$ und $f' g'$; in Fig. *61* findet es seine Projektionen in $f g h$ und $f' g' h'$. Ein Punkt des oberen Kreisrandes, welcher in Fig. *59* bei i angenommen und nach i' projicirt worden, findet auf Fig. *60* in i und i' seine Darstellung und auf Fig. *61* wieder in i und i'.

Fig. 59. Fig. 60. Fig. 61.



Die beiden kreisförmigen Ränder der Durchlochung erscheinen im Aufrisse von Fig. *60* noch als zwei parallele Linien, im Grundrisse aber als zwei gleiche Ellipsen, welche durch eine Reihe von Punkten bestimmt werden, wie es für den e i n e n (i, i′) angegeben worden. Auf der Darstellung Fig *61* zeigt sich der obere, im Aufriß allein sichtbare Rand hier auch als Ellipse.

103. **Viertes Beispiel.** Fig. *62*—*67*.

Die Fig. *62* zeigt ein hölzernes Gestelle in schräger Lage. Fig. *63* giebt den Grundriß desselben (in halber Größe), wenn das Gestelle, wie beim Gebrauche, auf seinem zweiarmigen Fuße ruht. Beim Entwurfe von Fig. *62* war die Bedingung zu erfüllen, daß das Gestelle umgelegt auf drei seiner Ecken ruhen solle, wovon zwei in der horizontalen Bildfläche, das dritte aber in gewisser Höhe darüber liegen mußte. Wie dahin zu gelangen war, ist durch die Darstellungen *64*—*67* (S. 79) erläutert.

In Fig. *64* zeichnete man den Grundriß wie in Fig. *63*, jedoch so gestellt, daß die gerade Linie f g, welche durch die zwei vorderen Ecken des Fußes geht, rechtwinklig gegen die Grundlinie X Y gerichtet ist. Alsdann ward der Aufriß entworfen, wobei wir die Holzstücke, welche den Fuß bilden, von quadratischem Querschnitte annehmen. Was die Streben oder Büge anbelangt, so haben wir dieselben durch gestrichelte Linien angedeutet, jedoch in den nachfolgenden Figuren wieder hinweggelassen, um bei dem kleinen Maßstabe, den wir wählen mußten, Ueberladung mit Linien zu vermeiden.

Sofort nahm man eine ebene Fläche an, welche durch die drei rechts vorspringenden Ecken des Gestelles gelegt werden konnte. Diese Ebene stellt sich im Aufrisse als die gerade Linie i′k′ dar, und von den drei Punkten, wodurch sie geht, haben die zwei, welche über f und g liegen, in i′ ihre gemeinsame Vertikalprojektion.

Die genannte ebene Fläche bleibt nun mit dem Gestelle fest verbunden, wird sammt dem letzteren gedreht und in die wagerechte Bildfläche niedergelegt. Dadurch bekommt das Gestelle jene Lage, welche in Fig. *65* dargestellt ist, wobei es mit drei seiner Ecken h, i, k auf der wagerechten Bildfläche ruht. Der Aufriß ward hierzu an die Grundlinie XY gezeichnet, wie er in Fig. *64* an die Linie i′k′ geheftet erscheint. Vermittelst des Aufrisses *65* und des Grundrisses von *64* gewann man wieder den Grundriß von *65* durch gleiches Verfahren wie in den vorhergegangenen Beispielen.

Mit Fig. *66* beginnt unser Weg von dem früheren abzuweichen, weil von den drei Ecken h, i, k, Fig. *65*, nur zwei, z. B. i und k in der wagerechten Bildfläche liegen bleiben dürfen, das dritte h aber um eine bestimmte

Fig. 62.

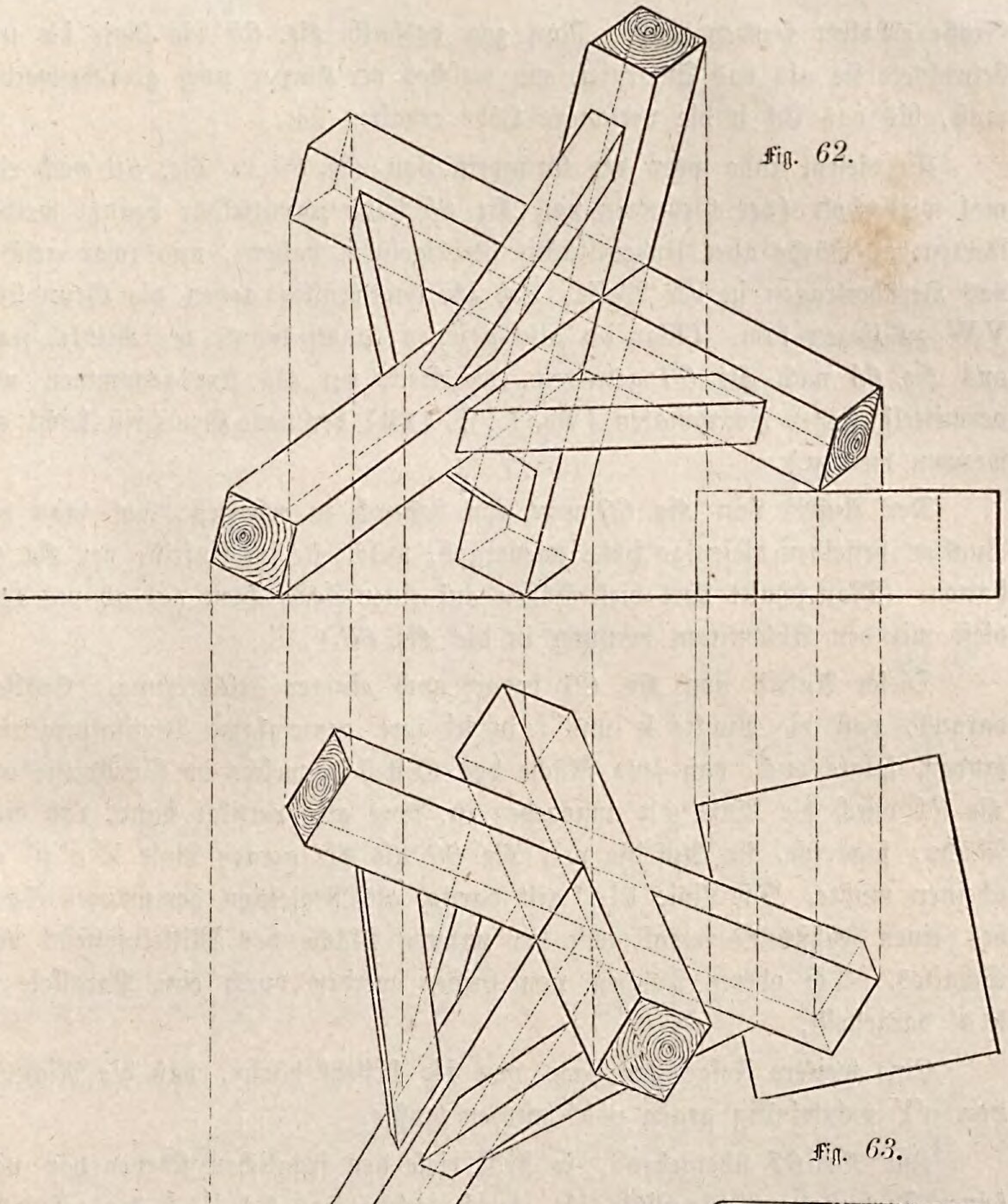
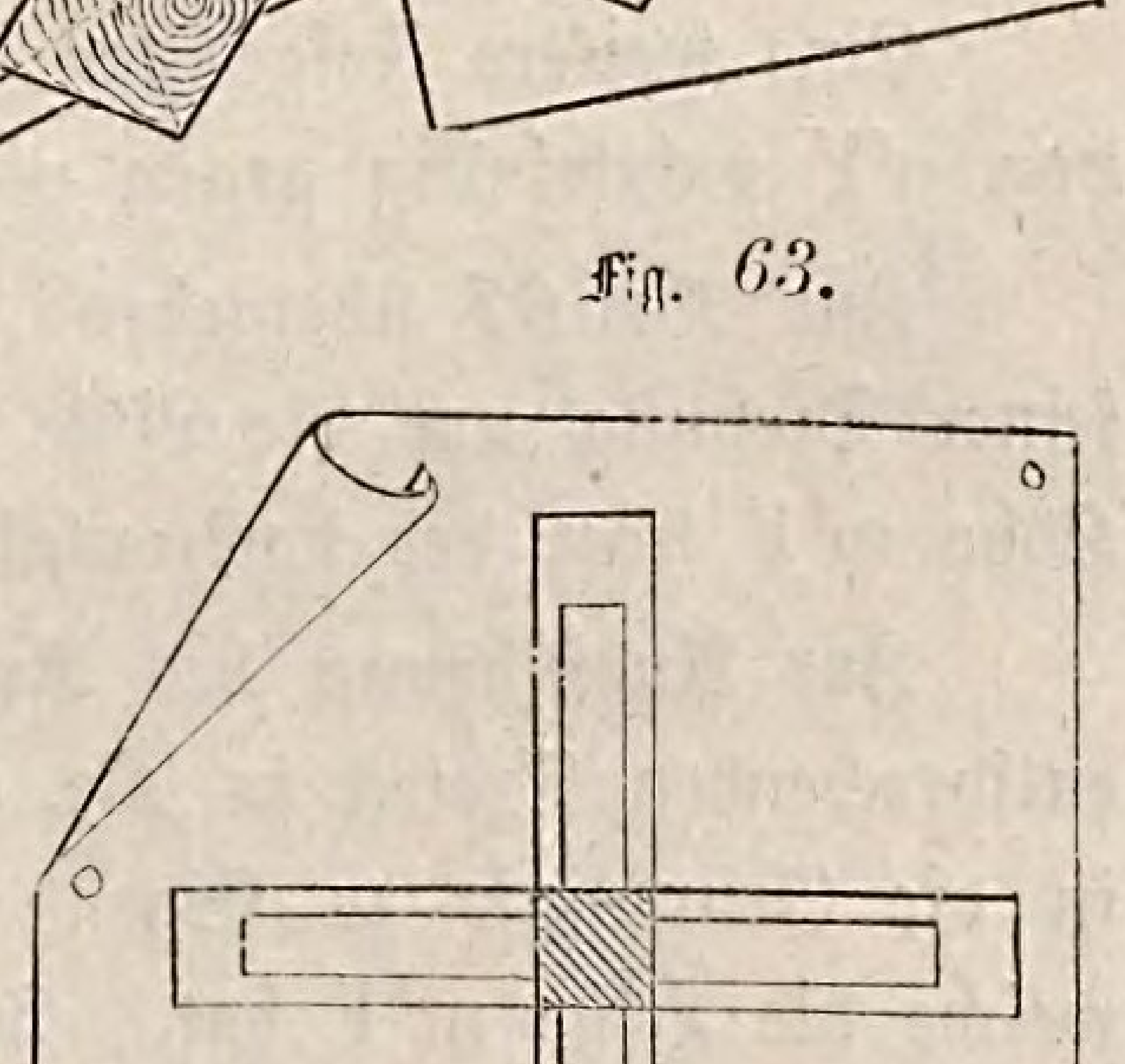


Fig. 63.



Größe erhoben werden muß. Man zog deshalb Fig. *65* die Linie ik und betrachtete sie als das Scharnier, um welches der Körper noch gedreht werden muß, bis das Eck h die verlangte Höhe erhalten hat.

Zu diesem Ende ward der Grundriß von Fig. *65* in Fig. *66* noch einmal wiederholt (der Grundriß von Fig. *65* hätte unmittelbar benutzt werden können, es würde aber Undeutlichkeit herbeigeführt haben), und zwar geschah das Herübertragen in der Weise, daß ik rechtwinklig gegen die Grundlinie VW zu liegen kam. (War ik also gezogen, dann konnte der Winkel prk aus Fig. *65* nach Fig. *66* getragen, die Seite rp als Axe genommen und vermittelst seiner Coordinaten [Bd. I, S. 123] der neue Grundriß leicht gewonnen werden.)

Der Aufriß von Fig. *66* war nun dadurch zu erhalten, daß man den Punkten desselben diejenige Höhe wiedergab, welche sie im Aufrisse der Fig. *65* hatten. (Man schnitt dort diese Höhen auf einer Senkrechten *(e)* ab und trug diese mit den Abschnitten herunter in die Fig. *66*.)

Dieser Aufriß von Fig. *66* bedarf noch einiger Erläuterung. Erstlich: daraus, daß die Punkte k und i in k′ ihre gemeinsame Vertikalprojektion fanden, folgte auch, daß jene Fläche des Gestelles, welche im Grundrisse von Fig. *64* durch die Linie gk angegeben ist, dort also vertikal stand, daß diese Fläche, sage ich, im Aufrisse von Fig. *66* als die gerade Linie k′o′p′ erscheinen mußte. Die Linie k′o′ gilt darum als Projektion der unteren Fläche des einen Fußstückes sowol, wie der unteren Fläche des Mittelpfostens oder Schaftes. Die oberen Flächen von beiden werden durch eine Parallele zu k′o′ dargestellt.

Eine weitere Folge der Lage von ik besteht darin, daß die Richtung von o′l′ rechtwinklig gegen o′k′ werden mußte.

Zur Fig. *67* übergehend, so stellt diese den fraglichen Körper dar nach seiner Drehung um die Linie ik, durch welche das Eck l′, l die geforderte Höhe m′l′ über der horizontalen Bildfläche erhalten hat.

Zur Ausführung des Aufrisses zeichnete man das Dreieck k′l′o dem entsprechenden Dreieck in Fig. *66* gleich, jedoch so gestellt, daß der Punkt k′ in die Grundlinie zu liegen kam und der Punkt l′ in die Horizontallinie, welche die Höhe m′l′ hat. Durch das Dreieck waren die nöthigen Anhaltspunkte gewonnen zum Uebertragen des einen Aufrisses in den andern.

Den Grundriß von Fig. *67* leitete man ab aus dem so eben erhaltenen Aufrisse und aus dem Grundrisse von Fig. *66*; gleichwie oben der Grundriß

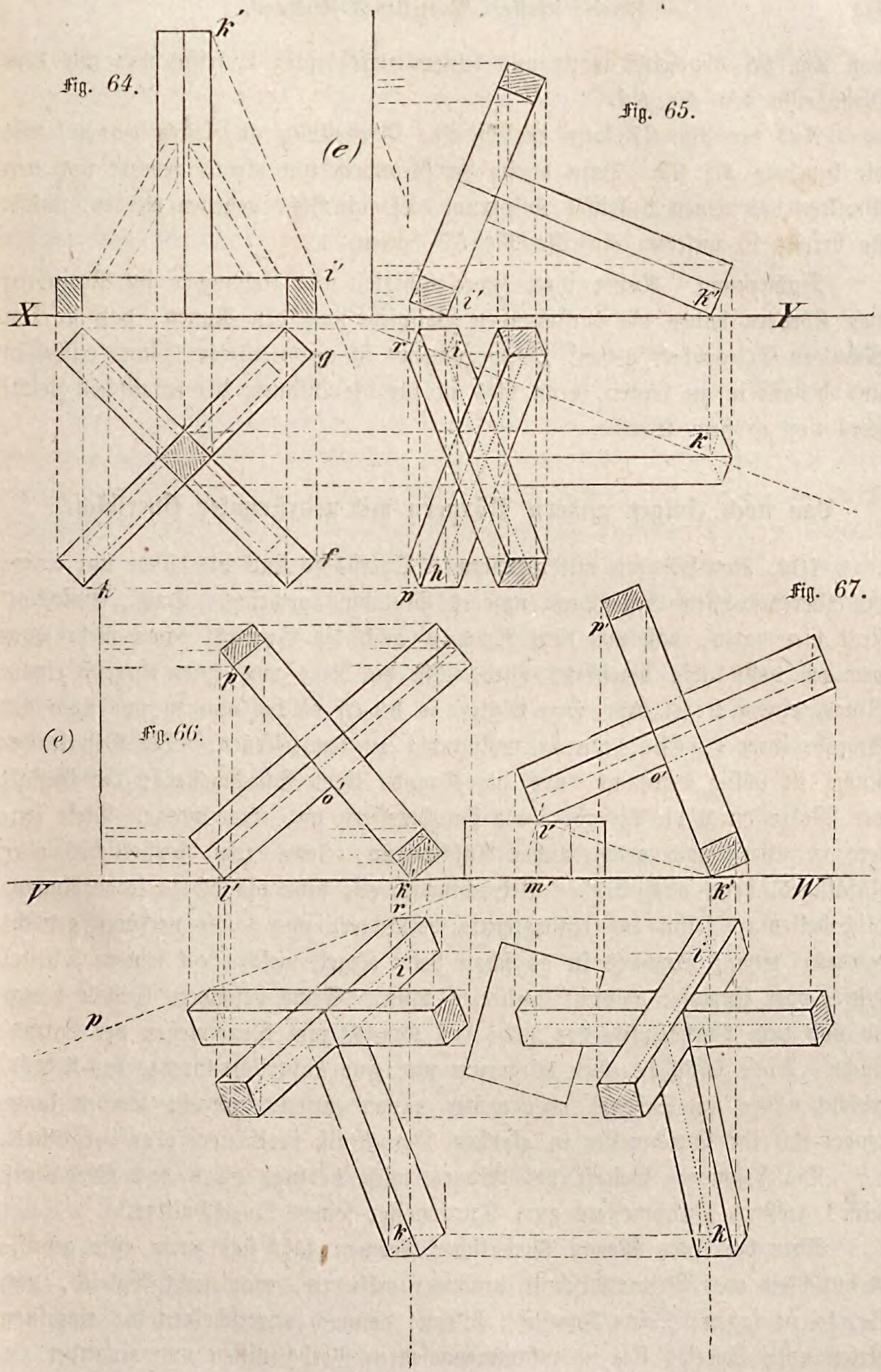


Fig. 64.
Fig. 65.
Fig. 66.
Fig. 67.

von Fig. 65 abgeleitet ward aus seinem zugehörigen Aufrisse und aus dem Grundrisse von Fig. 64.

Aus der Fig. 67 kann endlich eine Darstellung abgeleitet werden, wie die begehrte Fig. 62. Dazu durfte der Grundriß nur etwas gedreht und den Punkten des neuen Aufrisses wiederum diejenige Höhe gegeben werden, welche sie bereits in unserem Aufrisse Fig. 67 hatten.

Anmerkung. Außer ihrer Zweckmäßigkeit als Uebungen im Projiciren von Körpern haben die vorstehenden Beispiele noch den Nutzen, daß sie den Schülern Gelegenheit geben, „Bewegungen" in geometrischem Sinne auffassen und behandeln zu lernen, denn dies ist für die Bildung des technischen Zeichners von großem Werthe.

Von noch einigen andern Körpern mit gekrümmter Oberfläche.

104. Von Körpern mit gekrümmter Oberfläche sind bis daher nur einige der allereinfachsten Gegenstand unseres Studiums gewesen. Das „Einfache" liegt hier darin, daß mit dem Namen auch die Gestalt schon mehr oder weniger vollständig bezeichnet wird. Ist die Rede von einer Kugel, einem Ringe, einem Kegel oder einer Walze, so bedarf es bei einigen nur noch der Angabe ihrer Größe, um sie vollständig zu kennzeichnen. Die Gestalt der Kugel ist völlig bestimmt durch die Angabe ihres Durchmessers; die Gestalt der Walze durch die Angabe ihres Durchmessers und ihrer Länge. Diese letztere ist aber, nach geometrischer Anschauung, etwas rein Aeußerliches oder Zufälliges, denn nach dieser Betrachtungsweise kann die Walze jeden Augenblick beliebig, selbst ins Unbegrenzte verlängert oder auch verkürzt gedacht werden. Etwas Anderes ist es schon beim Kegel, welcher an seinem Scheitel spitzer oder stumpfer geformt auftreten kann. Seine besondere Gestalt hängt ab von dem Verhältnisse der Höhe des Kegels zum Durchmesser der Grundfläche. Diese selbst ist aber wiederum nur eine äußerliche Grenze des Kegels, welche näher am Scheitel oder weiter davon entfernt gedacht werden kann, wobei sich ihr Durchmesser in gleichem Verhältniß verkleinert oder vergrößert.

Die besondere Gestalt des Ringes wird bedingt durch das Verhältniß seines größten Durchmessers zum Durchmesser seines Querschnittes.

Aber bei einer Menge körperlicher Formen läßt sich zwar eine gewisse Aehnlichkeit oder Verwandtschaft unschwer erkennen, man sieht sogleich, daß sie, so zu sagen, „eine Familie" bilden; dennoch unterscheiden die einzelnen Arten oder Species sich in zusammengesetzten Verhältnissen von einander.

Die geometrischen Kennzeichen der Verwandtschaft unter körperlichen Formen bestehen aber darin, daß sich auf ihrer Oberfläche gewisse Linien in ähnlicher Aufeinanderfolge ziehen oder denken lassen, oder daß solche Linien auf dem physischen Körper wirklich auftreten.

Wir werden in dieser Abtheilung unseres Lehrganges nur eine Familie solcher Art behandeln, nämlich die Familie der

Gewundenen Körper.

105. Diese sind nach Art der Schraubenlinien gebildet, und zu ihnen gehören die eigentlichen Schrauben wie alle ähnlich geformten Körper.

Wird ein Papierstreifen, dessen Ränder vollkommen gerade und unter einander parallel sind, in schräger Richtung um eine Walze oder um einen Kegel gewickelt, so nehmen die Ränder des Streifens die Form von gleichlaufenden Schraubenlinien an; und zwar werden auf diese Weise Schraubenlinien von mehr oder minder raschem Fortschreiten hervorgebracht, je nachdem man dem Papierstreifen zu Anfang eine mehr oder minder schräge Richtung gegen die Mittellinie der Walze oder des Kegels gegeben.

Angenommen, man habe eine richtig abgedrehte Walze von 15″ Länge und 2,43″ Durchmesser; auf dieser Walze solle eine Schraubenlinie gezeichnet oder gebildet werden, welche von oben bis unten drei Umgänge macht oder eine beliebige andere Zahl von Umgängen.

Hierzu mag man in folgender Weise verfahren. Der Umfang der Walze beträgt $2{,}43'' \times 3{,}14 = 7{,}63''$. Nehmet also ein Papierblatt, worauf sich ein Rechteck bilden läßt von 15 Zoll Höhe und 7 Zoll 6,3 Linien Breite. Dies Rechteck theilet der Höhe nach in drei gleich breite Streifen, nämlich in so viel gleiche Streifen, als die Schraubenlinie Umgänge erhalten soll. In jedem Streifen ziehet nach gleicher Richtung die Diagonale (vgl. Fig. *76*, S. 87). Wird das ganze Rechteck jetzt um die Walze gewickelt, wobei die Längenränder zusammenstoßen müssen, so werden, wenn dies geschehen, die drei Diagonalen eine zusammenhängende Schraubenlinie bilden von 7,63″ Umfang und 5″ Ganghöhe.

(Der Lehrer wird seine Schüler einen und den andern ähnlichen Versuch machen lassen.)

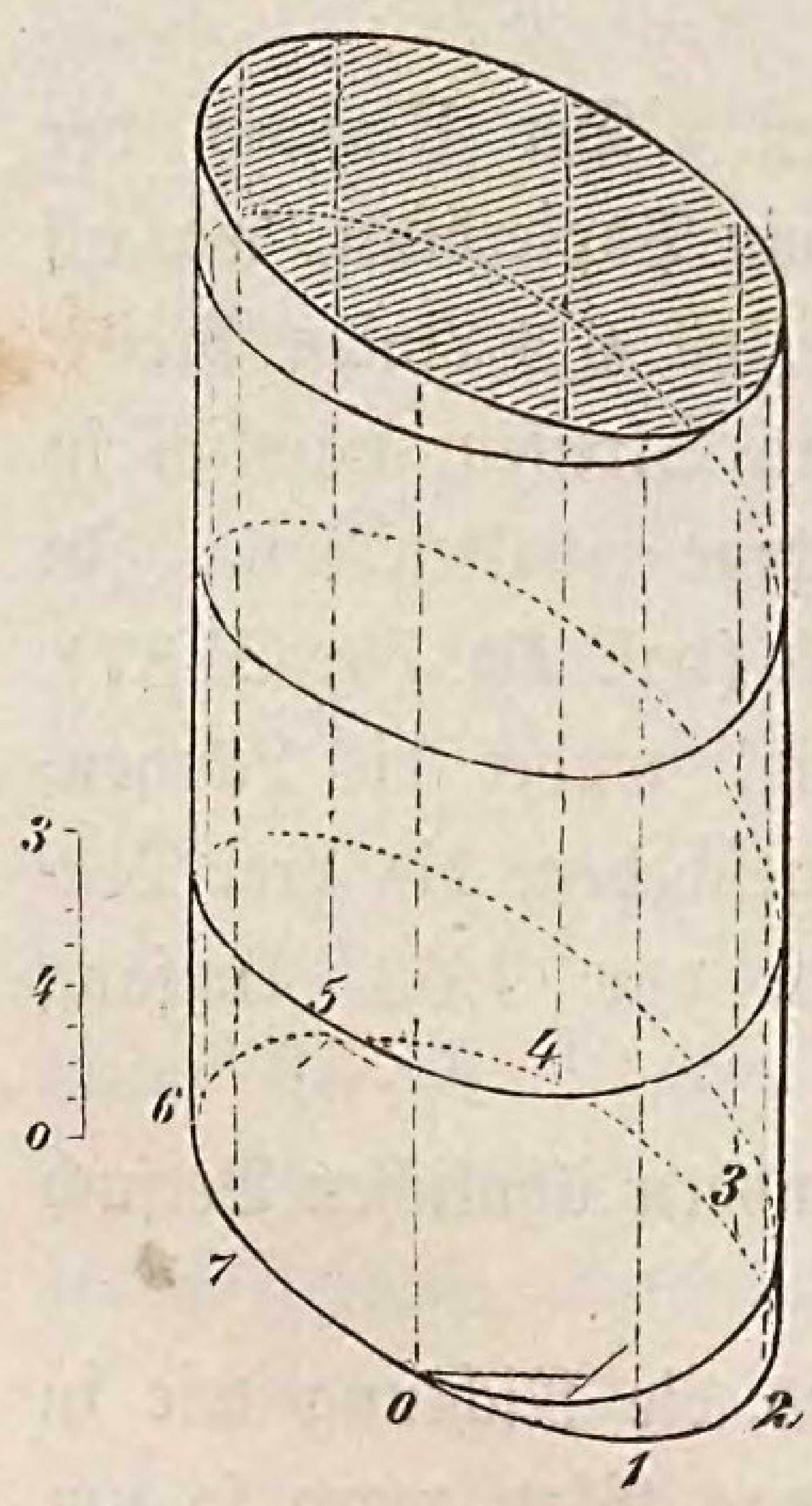
Hatten die drei Diagonalen unseres Papierblattes die Richtung wie in Fig. *76*, nämlich von oben nach links abwärts, und das Blatt ward so um die Walze gerollt, daß die Striche auf der Außenseite blieben, dann entstand eine rechts gewundene Schraubenlinie, nach welcher Art unsere Bohrer,

Pfropfenzieher ꝛc. gewunden sind. Bei entgegengesetzter Richtung heißt die Schraubenlinie links gewunden.

106. Nach den vorstehenden Erklärungen wird das Zeichnen cylindrischer Schraubenlinien unschwer zu verstehen sein. Fig. *68* und *69* sind zwei solcher Darstellungen, wobei die Cylinder oder Walzen aufrecht stehen. Beide haben gleich große Grundfläche. Für jede Schraubenlinie ist die Ganghöhe im Aufrisse mit g bezeichnet. Weil in Fig. *69* diese Ganghöhe in größerem Verhältniß steht zum Umfang des Cylinders als in Fig. *68*, so folgt daraus, daß die erstgenannte Figur eine Schraubenlinie mit „stärkerer Steigung" darstelle als die zweite. Diese, nämlich die Linie Fig. *68*, ist auch rechts gewunden, die andere links.

Im Grundrisse ist der Kreisumfang zugleich die Projektion der Schraubenlinie. Was den Aufriß betrifft, so mußte die Linie hier punktweise bestimmt werden, und dies ist in folgender Weise geschehen. Man hat den Kreisumfang und die Ganghöhe in dieselbe Anzahl gleicher Theile zerlegt (bei uns in acht) und den Umfang so beziffert, daß der Anfangspunkt der Linie die Ziffer 0 erhielt. Aus allen Theilpunkten wurden blinde Linien in die Höhe gezogen, durch die Theilpunkte der Ganghöhe wagerechte Linien und diese in den gleichen Abständen bis zur Höhe des Cylinders wiederholt. Da nun, wo die Senkrechten aus 0, 1, 2, 3... des Grundrisses mit den Wagerechten aus den Theilpunkten 0, 1, 2, 3... der Ganghöhe sich kreuzten, waren Punkte für den Aufriß der Schraubenlinien, welche noch aus freier Hand mit einander verbunden werden mußten.

Fig. *70*.



107. In den beiden Darstellungen, welche wir also erhalten, projicirt sich die Schraubenlinie als geschlängelte Linie, welche nicht sehr geeignet ist, deren Form deutlich auszusprechen. Wohl aber geschieht dies sehr gut in einer schrägen Projektion, wie Fig. *70*. Man hat daselbst den Kreis, welcher die Basis des Cylinders bildet, so entworfen, daß er zugleich in eine Anzahl gleicher Theile (in acht) getheilt erschien (§. 88). Nachdem die Zeichnung des Cylinders vollendet war, wurden in allen Theilpunkten der Basis senkrechte Linien errichtet und auf der ersten ein Theil der Ganghöhe abgestochen, auf der zweiten zwei Theile, auf der dritten drei Theile ꝛc. Ueber 0 endlich acht Theile, so daß damit die Punkte für einen

Fig. 68.

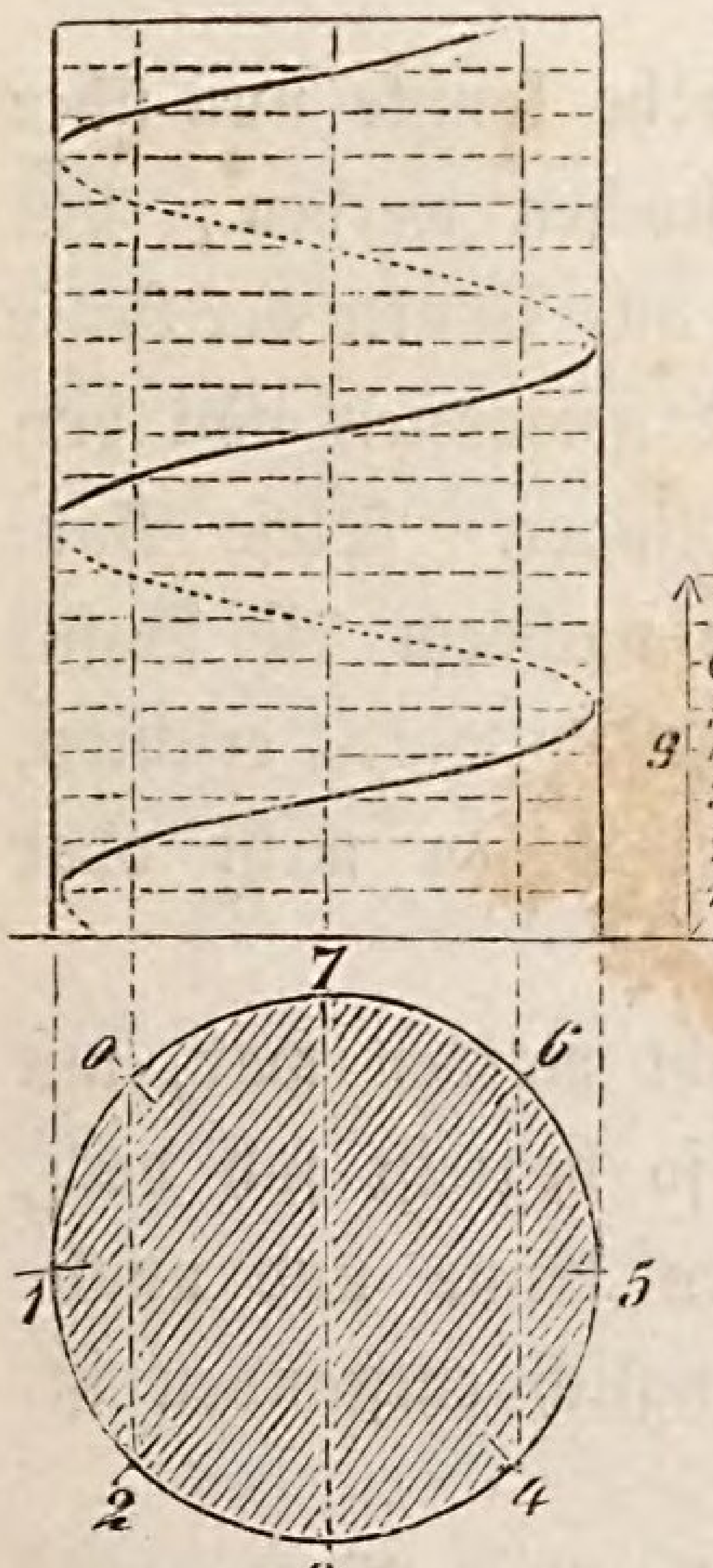


Fig. 69 (a).

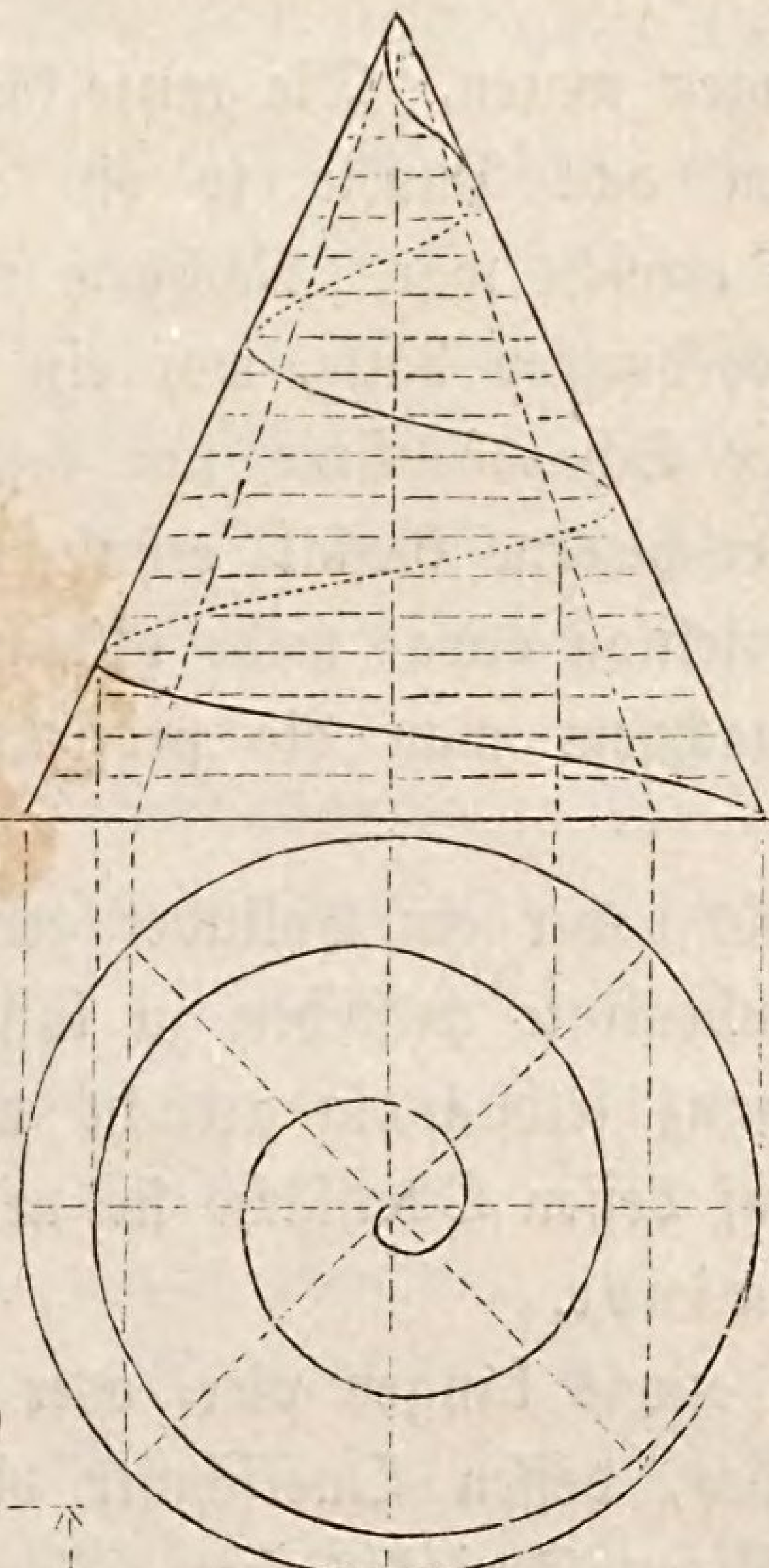


Fig. 69.

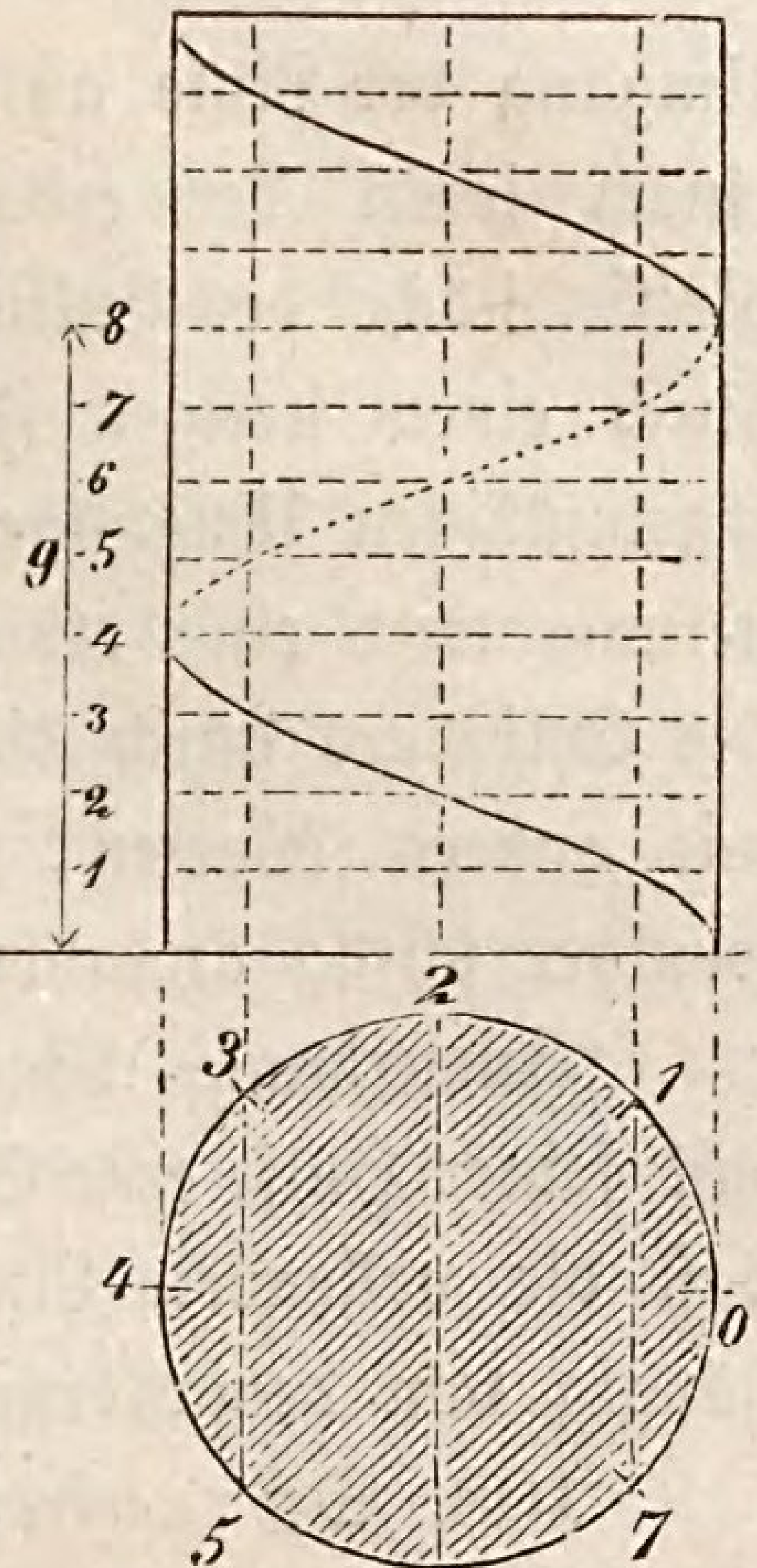
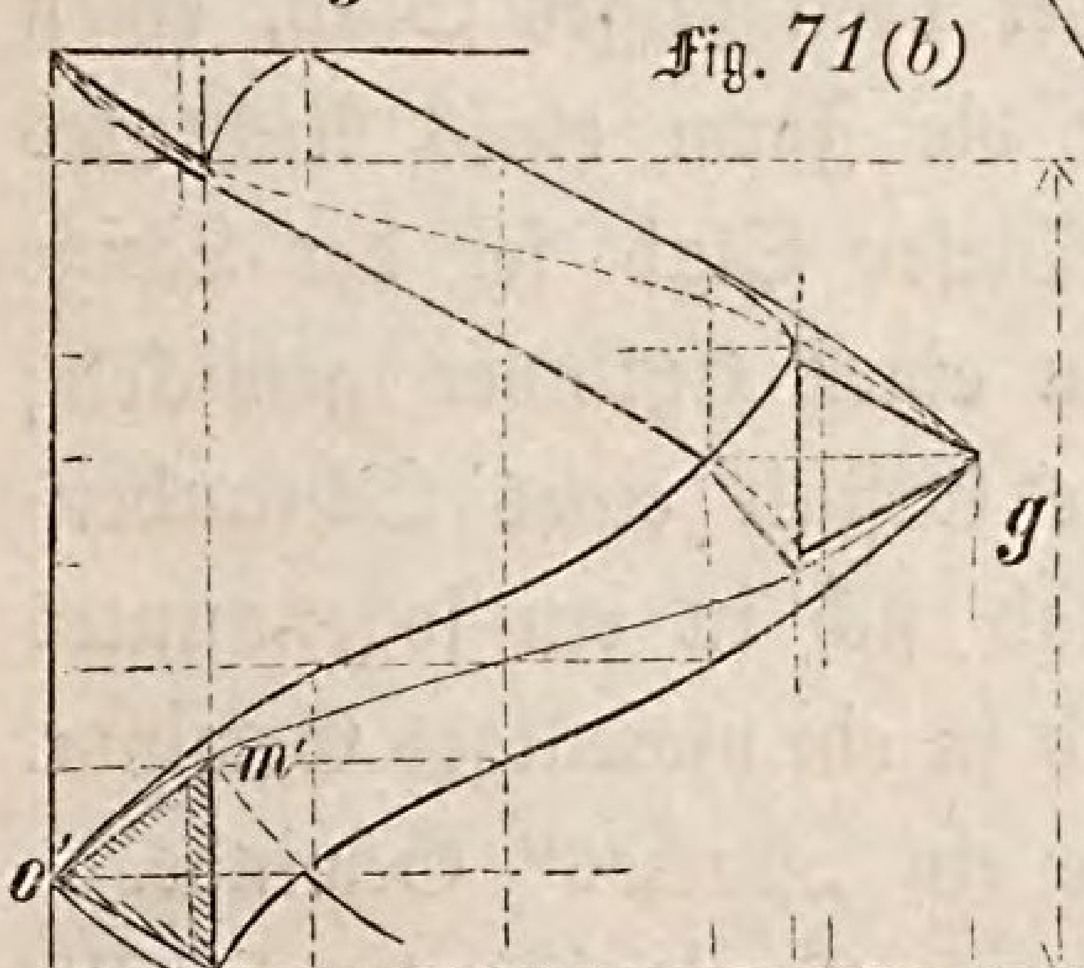


Fig. 71 (b)



(a)

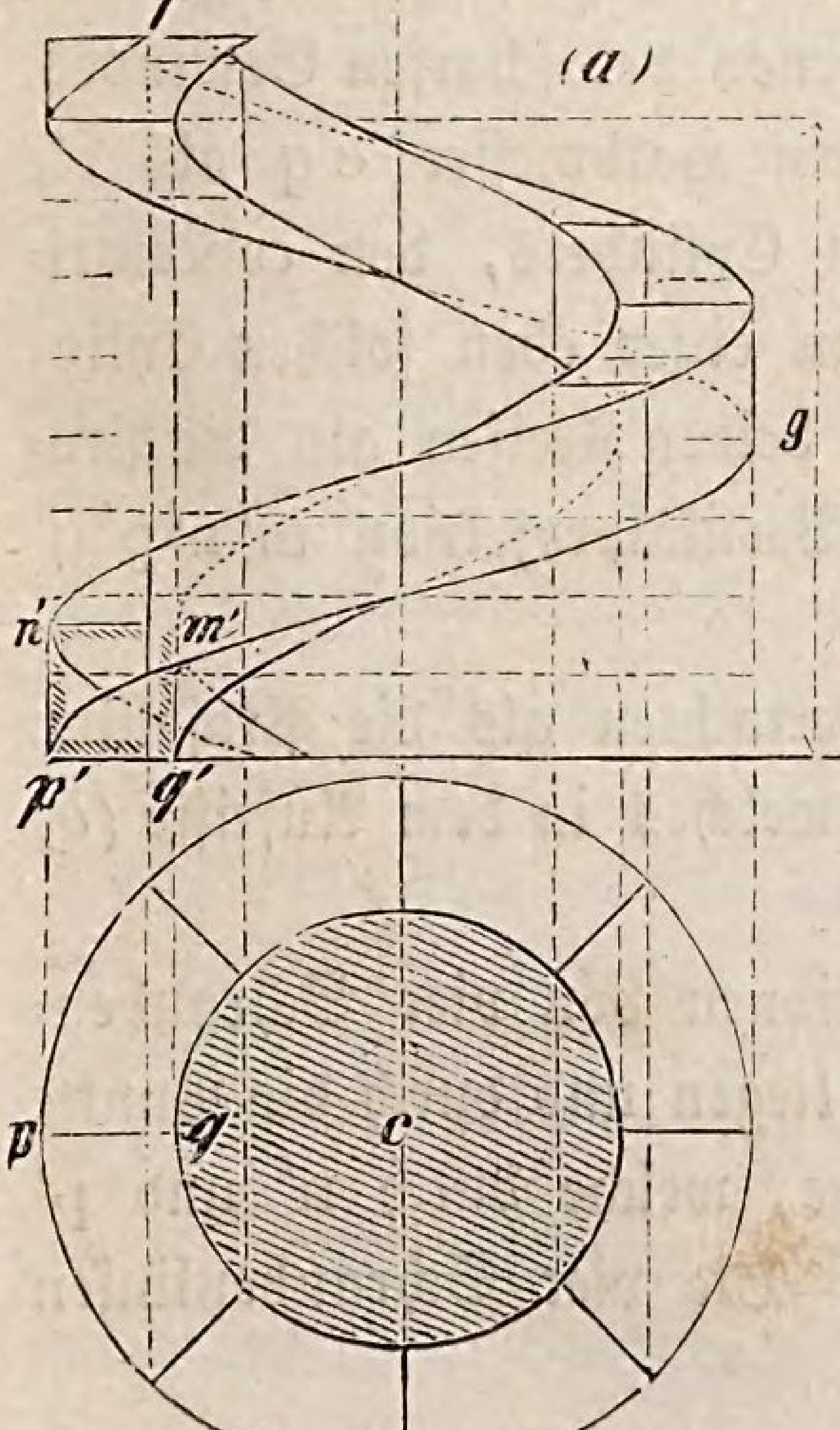


Fig. 77 (a).

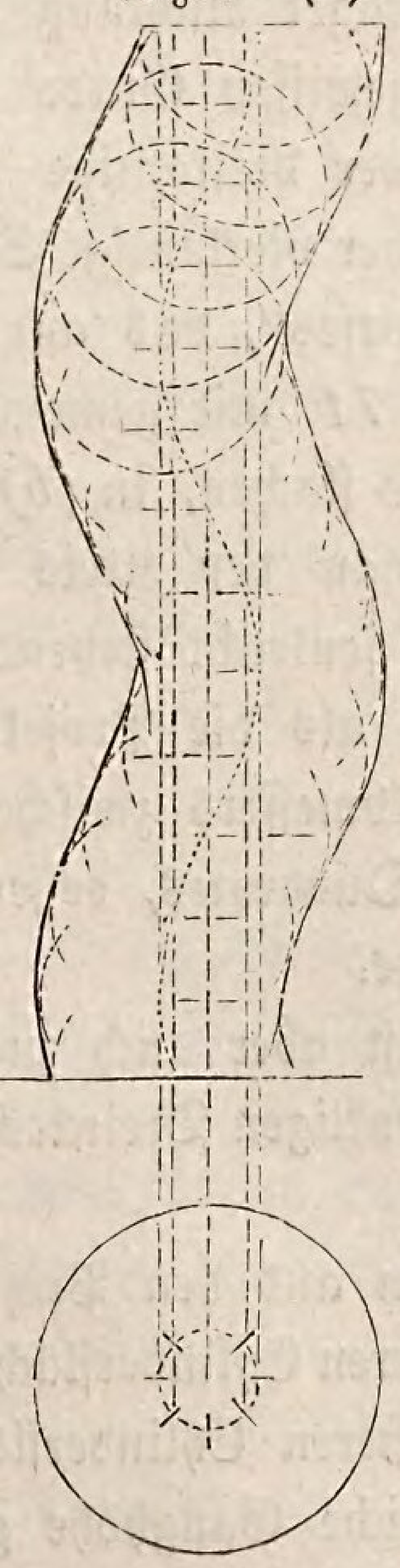


Fig. 77.

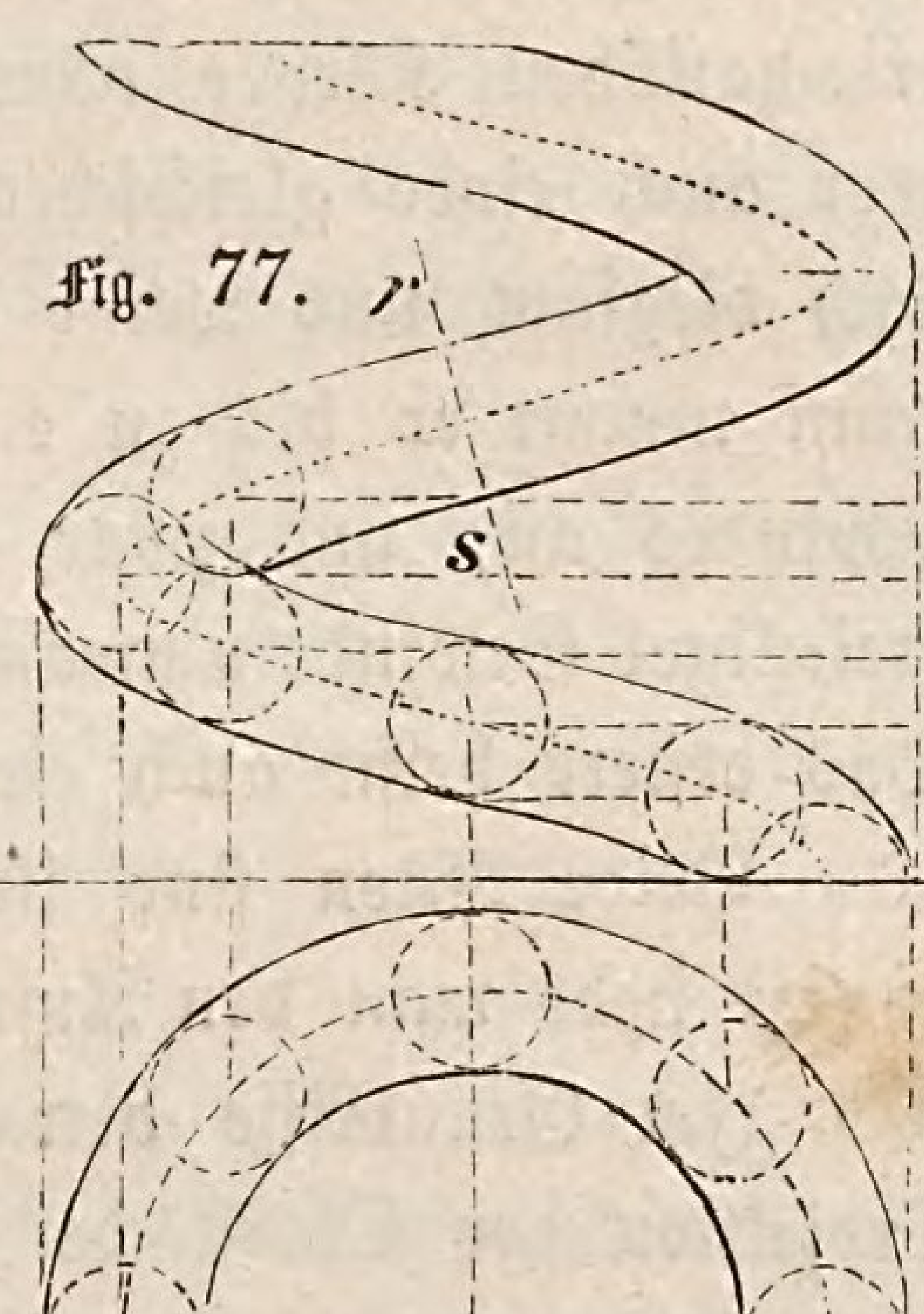
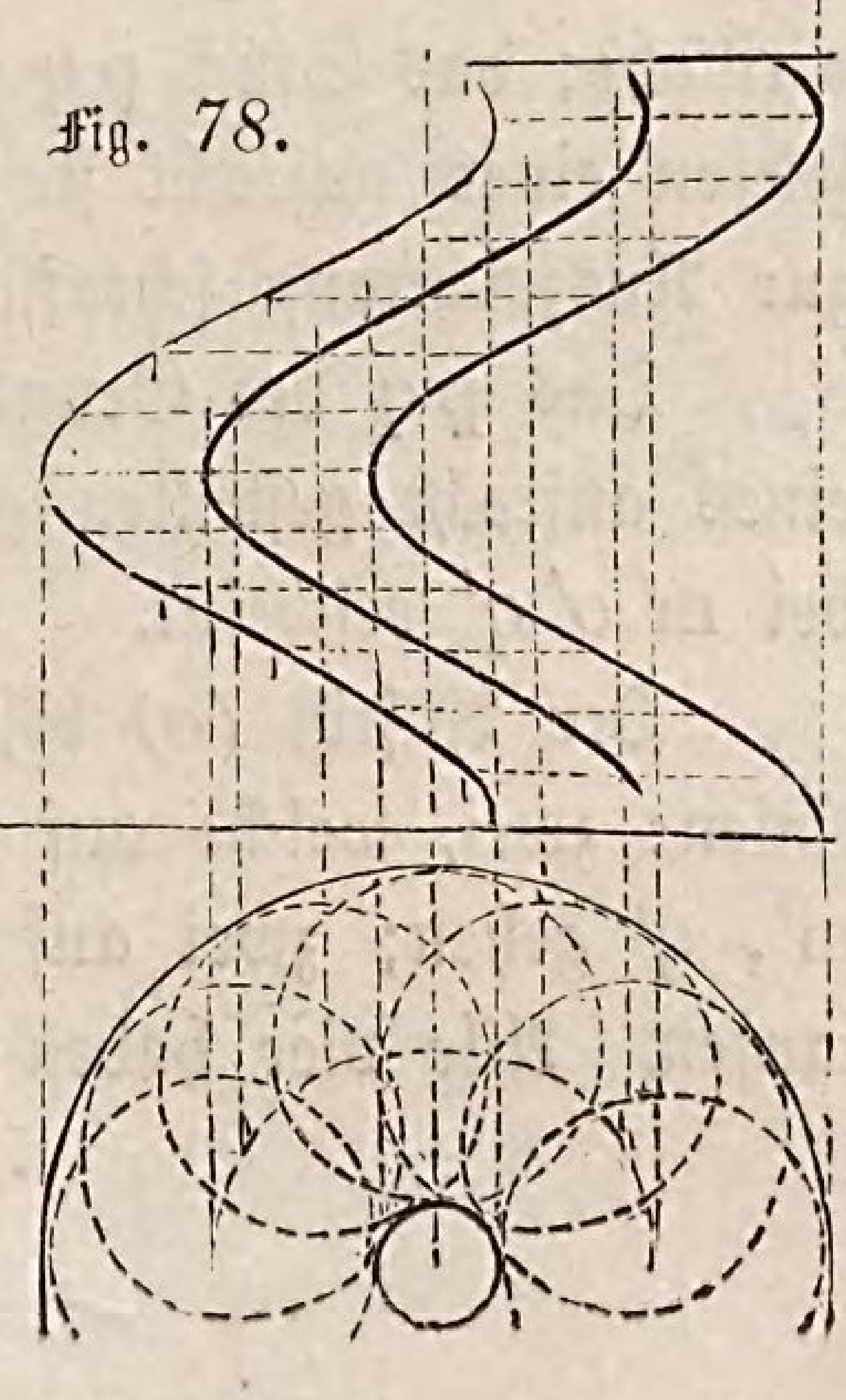


Fig. 78.



Umgang der Linie aufgetragen waren. Die ganze Ganghöhe konnte nun über einem jeden der erhaltenen acht Punkte so oft abgestochen werden, bis die Endfläche des Cylinders erreicht war. Nachdem man alle Punkte der Linie durch einen stetigen Zug verbunden hatte, war ein Bild gewonnen von den regelmäßigen Umgängen der Schraubenlinie um den Cylinder. Diese Darstellung wird eine etwas verschiedene Gestalt erhalten, je nachdem die Basis des Cylinders durch die Projektion etwas mehr oder weniger entwickelt erschien, mit andern Worten, je nachdem man die projicirenden Linien mehr oder weniger schräg annahm.

Anmerkung. Wenn bis daher ein Cylinder gebraucht worden war, um mit seiner Hülfe eine Schraubenlinie entstehen zu lassen, so begreift sich doch, daß die vollendete Linie ganz selbständig gedacht werden könne und unabhängig von dem Körper, auf dessen Oberfläche sie ursprünglich entstanden ist.

108. Schraubengewinde.

Man denke sich einen etwas langen vier- oder dreikantigen Stab, einen prismatischen Körper nämlich, dessen Querschnitt die Form eines Rechteckes oder auch eines gleichschenkligen Dreieckes hat. Dieser Stab sei der Länge nach biegsam und werde in schräger Richtung um einen Cylinder gewickelt; dann nimmt er bis zu einem gewissen Grade die Gestalt eines Schraubengewindes an, und zwar wird der dreikantige Stab sich in ein sogenanntes dreieckiges Gewinde umwandeln, der vierkantige Stab in ein viereckiges Gewinde. Das erstere heißt auch ein „scharfes“, das andere ein „flaches“ Gewinde.

Beide Arten sind in Fig. *71* mit gemeinsamem Grundrisse dargestellt; in *(a)* sieht man den Aufriß des flachen, in *(b)* jenen des scharfen Gewindes.

Im Grundrisse betrachte man den Kreis vom Halbmesser c q als die Projektion der Oberfläche eines senkrecht stehenden Cylinders, den concentrischen Kreis vom Halbmesser c p als die Projektion einer eben solchen Cylinderfläche; das Stück p q des Halbmessers zwischen beiden Kreisen als die Projektion eines aufrecht stehenden Quadrates, dessen Vertikalprojektion m′ n′ p′ q′ zur Auszeichnung schraffirt wurde.

Das p q des Grundrisses ist aber auch zu betrachten als die Projektion eines aufrecht gestellten gleichschenkligen Dreieckes, welches in dem Aufrisse *(b)* bei m′ o′ q′ erscheint.

Der Aufriß *(a)* besteht nun aus den Projektionen von vier Schraubenlinien: zwei, welche auf der inneren Cylinderfläche liegen und durch die Punkte m′, q′ gehen; zwei auf der äußeren Cylinderfläche, welche durch n′ und p′ laufen. Alle vier haben die gleiche Ganghöhe g. Die vier Schraubenlinien

stellen die Ränder des flachen Gewindes dar. Was die Flächen desselben betrifft, so besteht die äußere aus einem Streifen der äußeren Cylinderfläche, die innere aus einem Streifen der inneren Cylinderfläche. Die obere und die untere Gewindfläche aber sind windschiefe Flächen von der Beschaffenheit, daß in jedem Punkte derselben eine wagerechte gerade Linie gezogen werden kann, deren Verlängerung durch die Axe des Cylinders geht und welche ganz in der windschiefen Fläche liegt.

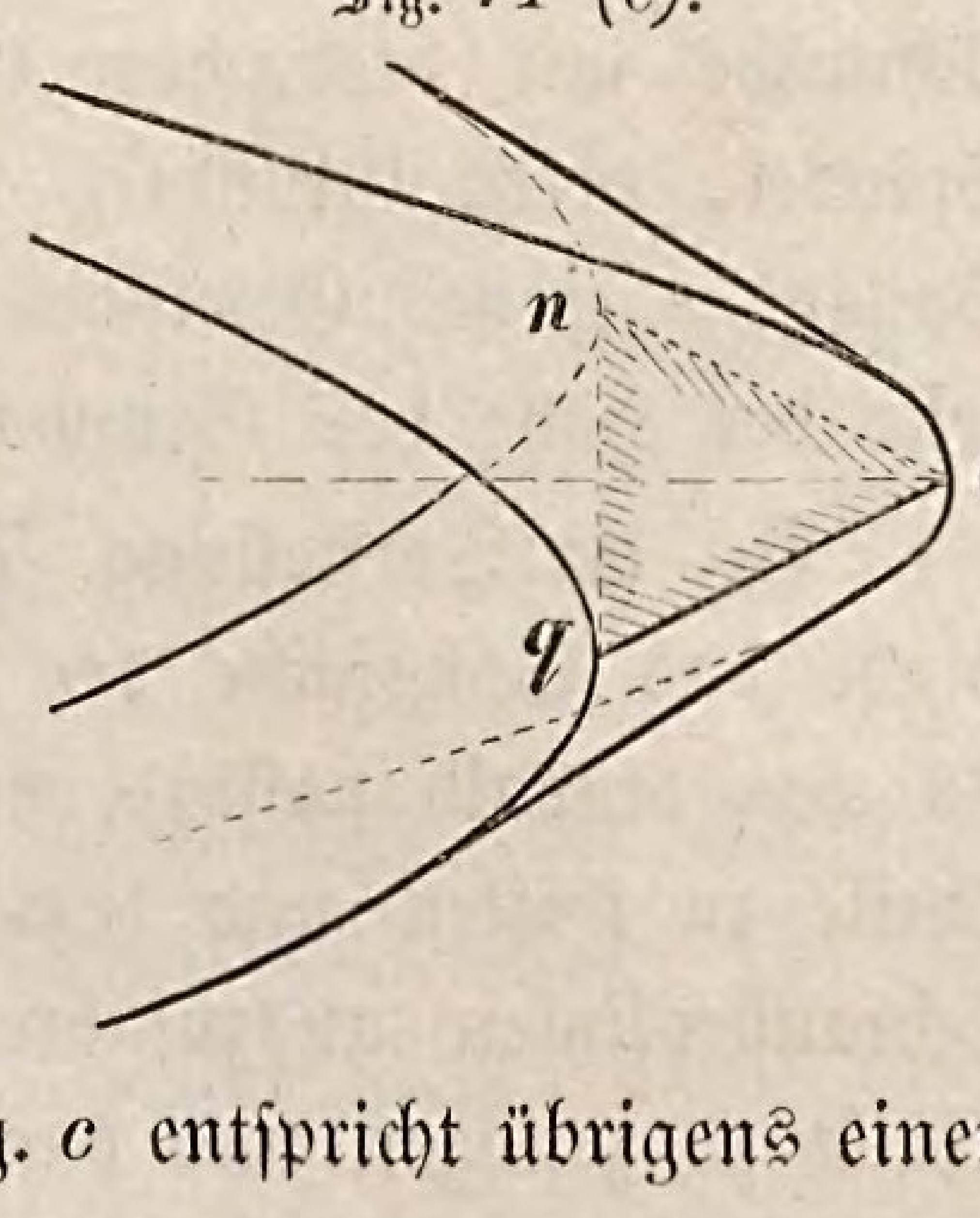
Die Oberfläche des flachen Gewindes läßt sich auch dadurch bezeichnen, daß man sagt, jeder aufrechte Durchschnitt desselben, dessen Richtung nach der Axe des Cylinders geht, sei ein Rechteck, gleich dem Grundrechteck m′n′p′q′. Wir haben in dem Aufrisse *(a)* für die verschiedenen Punkte der Schraubenlinien die Projektionen der entsprechenden Rechtecke gezeichnet.

Das dreieckige oder scharfe Gewinde hat als Kanten drei Schraube linien, deren Projektionen in dem Aufrisse *(b)* gegeben sind. Zwei davon liegen, wie bei dem flachen Gewinde, auf der inneren Cylinderfläche und gehen durch die Punkte m′, q′ des Grunddreieckes. Die dritte, auf der äußeren Cylinderfläche liegende geht durch die Spitze o′ desselben Dreieckes. Alle drei haben wiederum die gleiche Ganghöhe g.

Was die Oberfläche dieses Gewindes betrifft, so ist dieselbe von der Beschaffenheit, daß jeder aufrechte Durchschnitt desselben, dessen Richtung durch die Axe des Cylinders geht, die Form des Grunddreieckes hat. In der Darstellung *(b)* sind solche Dreiecke angegeben, welche den acht Theilpunkten unserer Schraubenlinien entsprechen.

Besondere Rücksicht von Seite des Zeichners verlangen die Umrisse des scharfen Gewindes an den vorspringenden Theilen seiner Vertikalprojektion, zu welchem Ende in Fig. 71 *(c)* eine solche Stelle in doppeltem Maßstabe wiederholt ward. Das schraffirte gleichschenklige Dreieck bezeichnet eine der Stellungen des Grunddreieckes, wie m′ o′ p′ in Fig. 71 *(b)*. Man sieht, daß die Umrisse an dieser Stelle gebildet werden theils von einem Bogen der äußeren Schraubenlinie, theils von zwei kurzen, wenig gekrümmten Linien, deren eine die Projektionen der äußeren und inneren oberen Schraubenlinie berührt, die andere eben so die Projektionen der äußeren und der inneren untern Schraubenlinie. Diese Fig. *c* entspricht übrigens einem links gehenden Gewinde.

Fig. 71 *(c)*.



Erster Zusatz. Wir sagten im Eingange dieses §., daß ein drei= oder vierkantiger biegsamer Stab, welcher schräg um einen Cylinder gewickelt würde, „bis auf einen gewissen Grad" die Gestalt eines scharfen, beziehungsweise eines flachen Gewindes annähme. Der Unterschied nun zwischen dem Gewinde und dem umwickelten Stabe rührt daher, daß bei diesem das Grunddreieck oder das Grundquadrat nicht aufrecht stände wie beim Gewinde, sondern schräg und im rechten Winkel gegen die ansteigende Richtung der Schraubenlinien. Jeder aufrechte Durchschnitt des umwickelten Stabes würde darum nicht die Form eines geradlinigen Dreieckes oder Viereckes haben wie bei den Schraubengewinden, sondern aus krummlinigen Theilen bestehen.

Zweiter Zusatz. Die Schraubenlinie ist in allen ihren Theilen völlig gleichmäßig gebildet, so daß man jedes Stück derselben an die Stelle eines irgend wo hinweggenommenen gleich langen Stückes setzen könnte, ohne dadurch eine Veränderung in der Form des Ganzen zu verursachen. Ein Stück oder ein Bogen der Schraubenlinie von beliebiger Größe läßt sich auch auf dem Reste der Linie fortschieben, so daß er stets mit ihr in allen Punkten zusammenfällt. Aehnlich verhält es sich auch mit den Schraubengewinden, welche in allen ihren Theilen gleichmäßig gebildet sind. Hieraus erklärt sich das Spiel der Schraube in der Schraubenmutter.

109. Schrauben.

Von den Schraubengewinden führt ein einziger Schritt zur Darstellung der eigentlichen Schrauben, wovon die Fig. 72 u. f. Beispiele geben.

Die Fig. 72 hat eine ähnliche Anordnung wie die vorhergegangene Fig. 71. Der Grundriß entspricht nämlich zwei Vertikalprojektionen, deren erste *(a)* eine flache Schraube mit einfachem Gewinde darstellt, die zweite *(b)* eine solche Schraube mit dreifachem Gewinde. Dies Gewinde legt sich um eine feste Spindel, deren Grundriß durch einen schraffirten Kreis angegeben ist. Die Ganghöhe g des Gewindes der einfachen Schraube beträgt genau das Doppelte der Höhe des Grundquadrates oder des Grundrechteckes.

Bei der Darstellung *(d)* beträgt die Ganghöhe eines jeden der drei Gewinde das Sechsfache der Höhe des Grundquadrates oder Grundrechteckes. Es war deshalb passend, den Grundriß an seinem Umfange in zwölf gleiche Theile zu theilen und demgemäß die Vertikalprojektionen der vorkommenden Schraubenlinien auszuführen, nämlich die Ganghöhe auch in zwölf gleiche Theile zu zerlegen und dann, wie vorhin gelehrt worden, weiter zu arbeiten. Diese so wie die benachbarten Schrauben sind rechts gewunden.

Die Fig. *73* giebt bei gemeinschaftlichem Grundrisse in *(a)* die Vertikalprojektion einer scharfen Schraube mit einfachem Gewinde; in *(b)* einer solchen mit doppeltem Gewinde. Bei der ersten mußte die Ganghöhe gleich genommen werden der Höhe des Grunddreieckes, und bei der zweiten gleich der doppelten Höhe dieses Dreieckes. Aus diesem Grunde empfahl sich die Theilung von Umfang und Höhe in acht gleiche Stücke zum Weiterführen der Arbeit.

Fig. *72.*

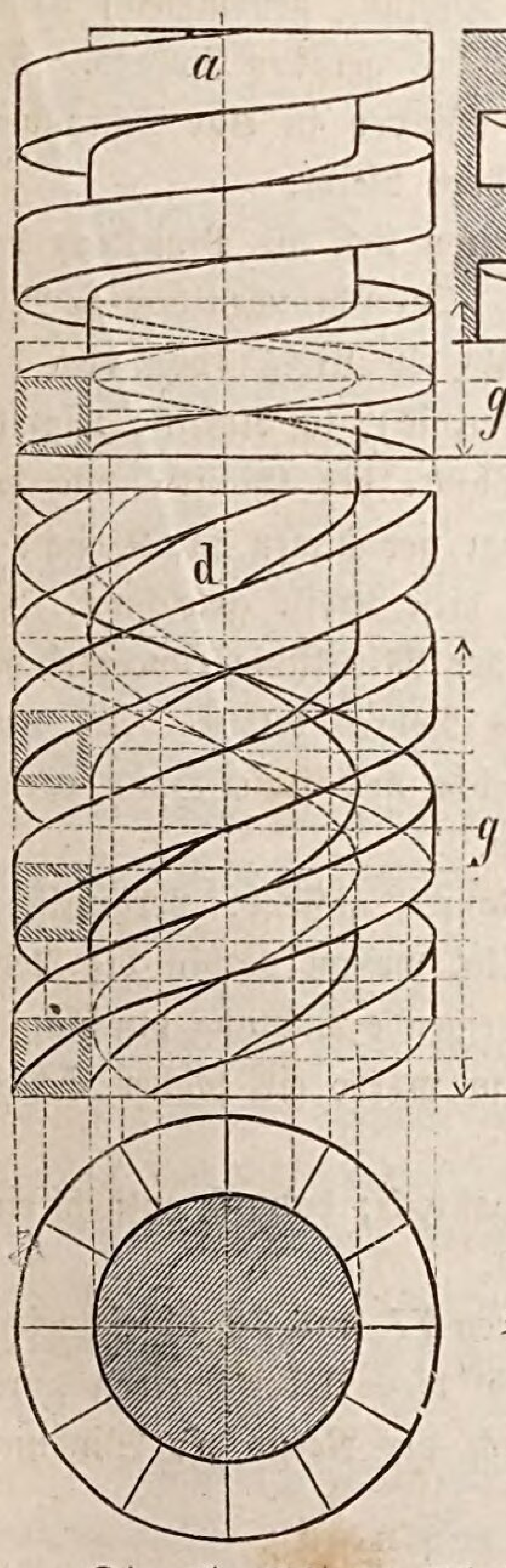


Fig. *74.*

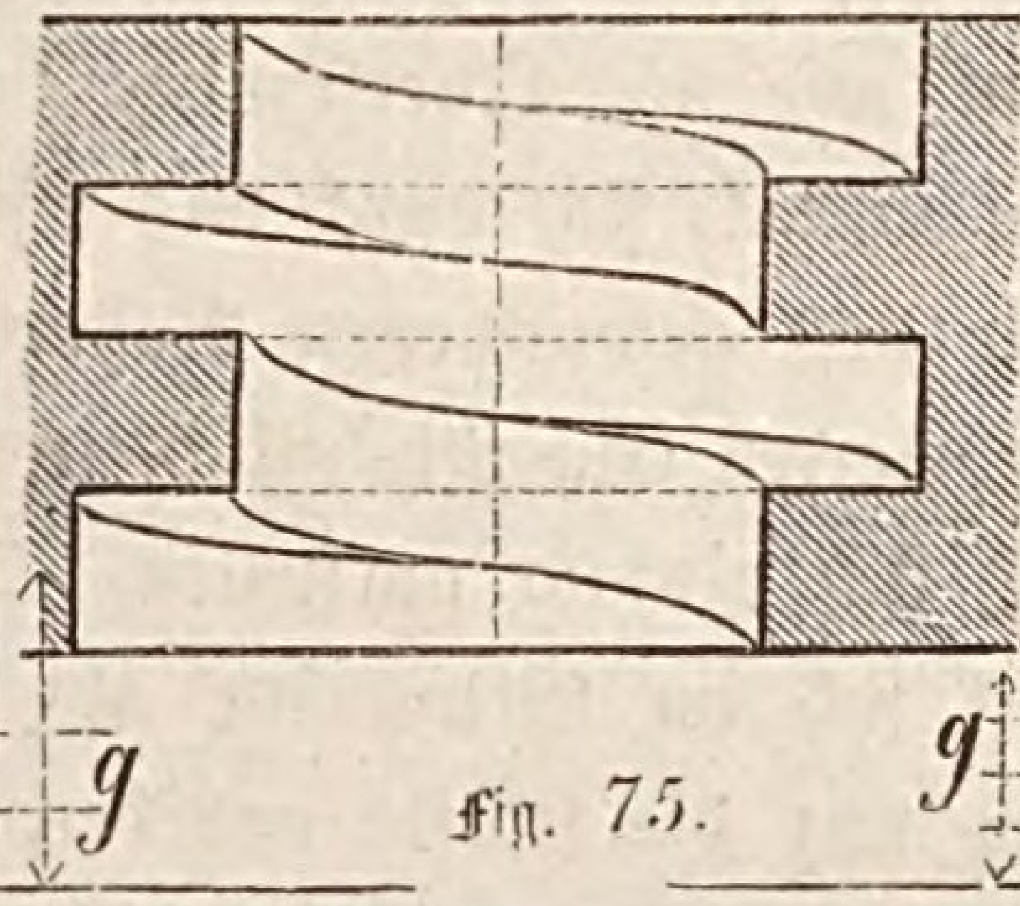


Fig. *73.*

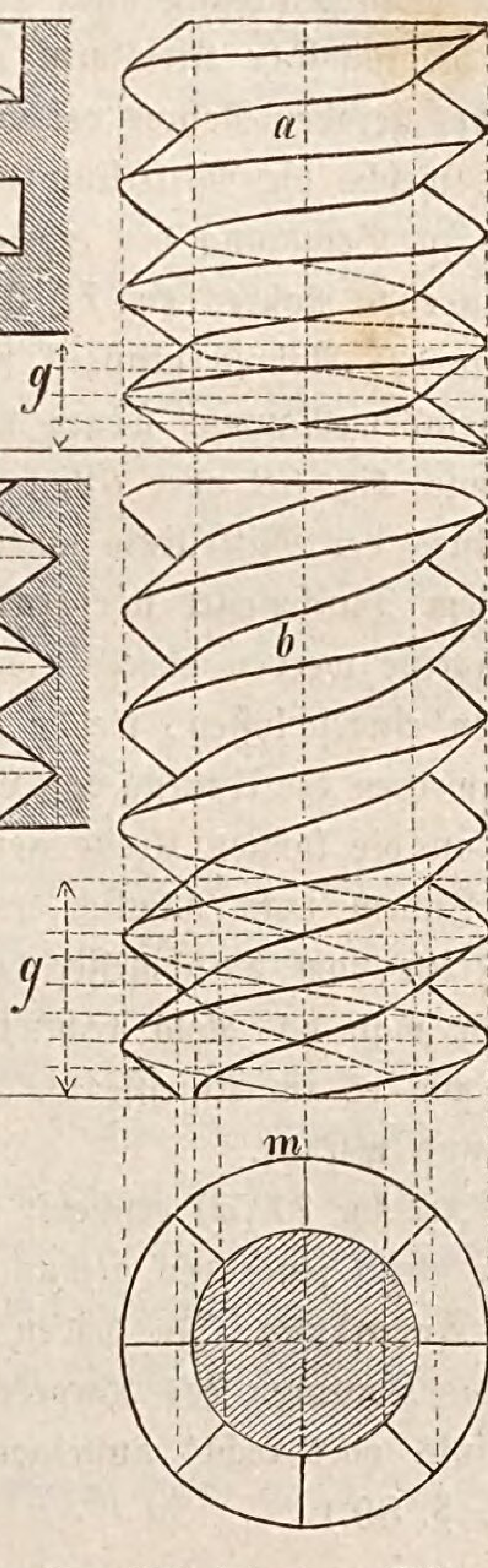


Fig. *75.*

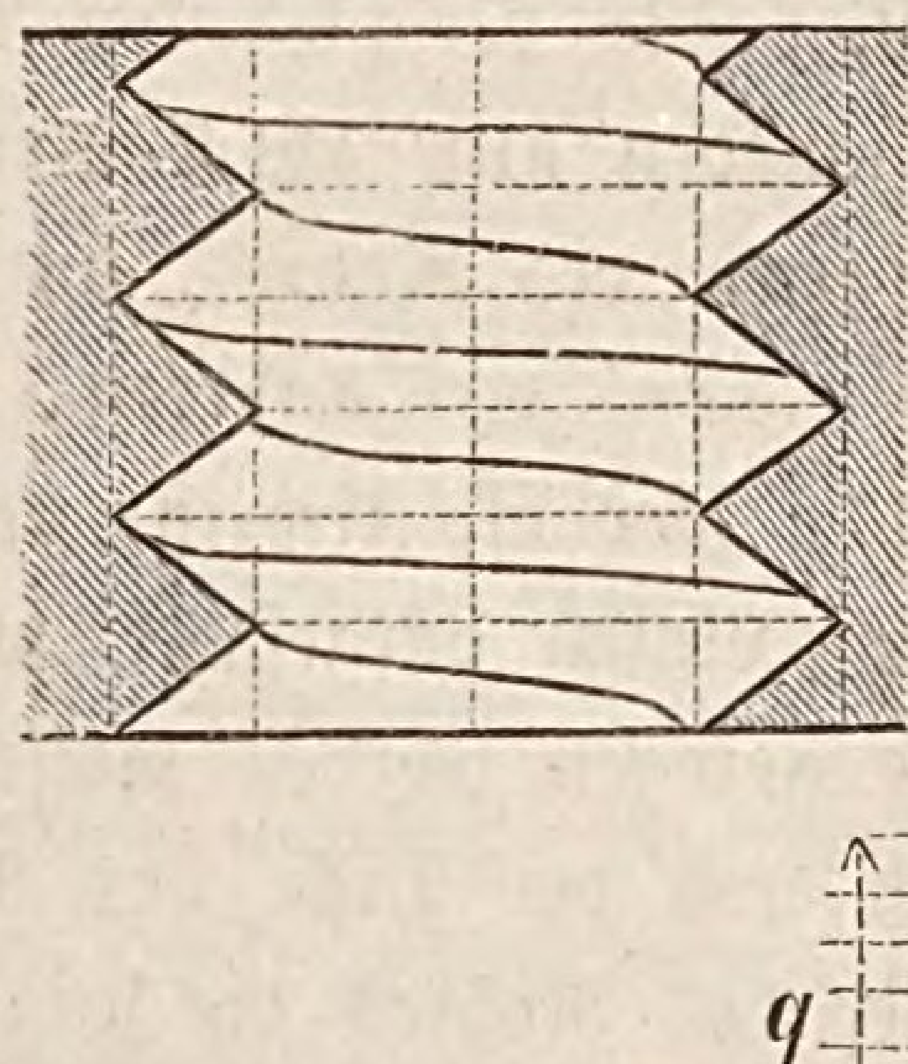
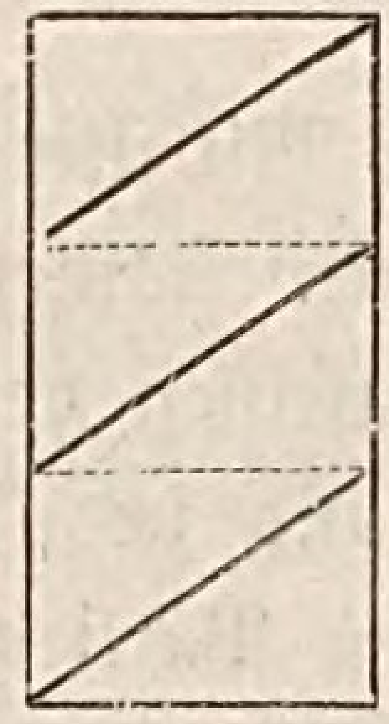


Fig. *76.*



Die Fig. *74* und *75* stellen die senkrechten Durchschnitte der Schraubenmuttern dar für die genannten Schrauben mit einfachem Gewinde. In diesen Durchschnitten erscheinen diejenigen Linien sichtbar, welche in den Darstellungen *(a)*, *(a)* als nicht sichtbar punktirt werden mußten.

Von gewundenen Körpern. (Fortsetzung.)

110. Das gewundene Rohr, Fig. 77 (S. 83).

Denkt man sich ein biegsames Rohr schräg um einen Cylinder gewickelt, so entsteht dadurch das gewundene Rohr. Eine Kugel, welche vorher genau in das Rohr paßte, wird auch nach dem Umwinden durch das Rohr geschoben werden können. Mit andern Worten: die Querschnitte des gewundenen Rohres (rechtwinklig auf seine ansteigende Richtung genommen) haben noch die nämliche Kreisform wie die Querschnitte des geraden Rohres. Die Axe des geraden Rohres verwandelt sich durch das Winden in eine Schraubenlinie, welche die Mittellinie des gewundenen Rohres bleibt.

In Benutzung der erörterten Eigenthümlichkeiten ließ die Projektion des gewundenen Rohres Fig. *77* sich einfach darstellen. Die schraubenförmige Mittellinie des Rohres projicirt sich im Grundrisse als ein Kreis (von dem des mangelnden Raumes wegen nur die Hälfte gegeben ist); im Aufrisse zeigt sie sich wie Fig. *68* oder *69*. Die verschiedenen Punkte des Grund- wie des Aufrisses der Mittellinie wurden nun als Centrum genommen für Kreise von gleichem Durchmesser wie jener des Rohres, und diese Kreise gezeichnet. Im Grundrisse werden dieselben von zwei anderen, der Mittellinie concentrischen Kreisen eingeschlossen, welche hier die Umrisse des Rohres bilden. Im Aufrisse werden die Umrisse von Linien dargestellt, welche aus freier Hand berührend an die kleinen Kreise gezogen werden müssen.

Indem man nämlich von der Dicke des Rohres absieht, versinnlichen die Kreise vom Durchmesser des Rohres die Kugeln, wovon vorhin die Rede. Würde man das Rohr rechtwinklig auf seine ansteigende Richtung durchschneiden, wie es im Aufrisse die Linie rs andeutet, so würde ein solcher Schnitt kreisrund werden.

In Fig. *77 (a)* erscheint die Mittellinie sehr gestreckt; dadurch entsteht eine Form gleich jener des gewundenen Säulenschaftes.

Anmerkung. In beiden Aufrissen der Figuren *77* und *78* überschneiden sich die Konturen des Körpers und zwar geschieht dies Ueberschneiden durch die links oder rechts ansteigenden Partien je nach der Natur der Windung. (Vgl. §. 89.)

111. Gewundene Cylinder, Fig. *78*.

Die verschiedenen Körperformen, mit denen wir uns gegenwärtig beschäftigen, winden sich um einen Cylinder oder um eine Spindel, oder man kann wenigstens denken, sie thäten dies, und wir wollen annehmen, die Spindel

stehe bei allen senkrecht, dann unterscheiden wir hinsichtlich ihrer Bildung drei Arten.

Bei der ersten Art, den Schraubengewinden, steht die Grundfigur, das Dreieck oder Viereck, senkrecht und seine verlängert gedachte Ebene geht durch die Axe der Spindel. Ein jeder senkrechte Durchschnitt des Gewindes, dessen verlängerte Fläche durch die Axe der Spindel ginge, hat die Form der Grundfigur.

Zweitens, die Grundfigur steht schräg gegen die Axe der Spindel und rechtwinklig gegen die schraubenförmige Mittellinie, wie bei dem gewundenen Rohre.

Drittens endlich, die Grundfigur liegt in einer wagerechten Ebene und erscheint bei jedem wagerechten Durchschnitt des Körpers. Solche Formen finden sich vorzugsweise an architektonischen Gegenständen.

Ein einfaches Beispiel davon giebt die Fig. *79*, welche, wie wir es nennen wollen, einen gewundenen Cylinder darstellt. Die wagerechten Durchschnitte desselben sind, wie beim aufrecht stehenden Cylinder, Kreise von gleichem Durchmesser. Während aber bei dem letztern die Mittelpunkte dieser Kreise in der Axe liegen, liegen sie hier in der schraubenförmig gewundenen Mittellinie.

Wird diese Mittellinie so stark ansteigend genommen, wie in Fig. *77 (a)*, und die wagerechten Kreise im Verhältniß wie dort die Hülfskreise, dann entsteht eine zweite Gattung von gewundenem Säulenschaft. Diese Art der Zeichnung eines solchen Schaftes wird meistens in den Büchern, welche darüber handeln (Vignola ꝛc.), wenn gleich etwas dunkel vorgetragen.

112. Spindel einer Wendeltreppe, Fig. *79*.

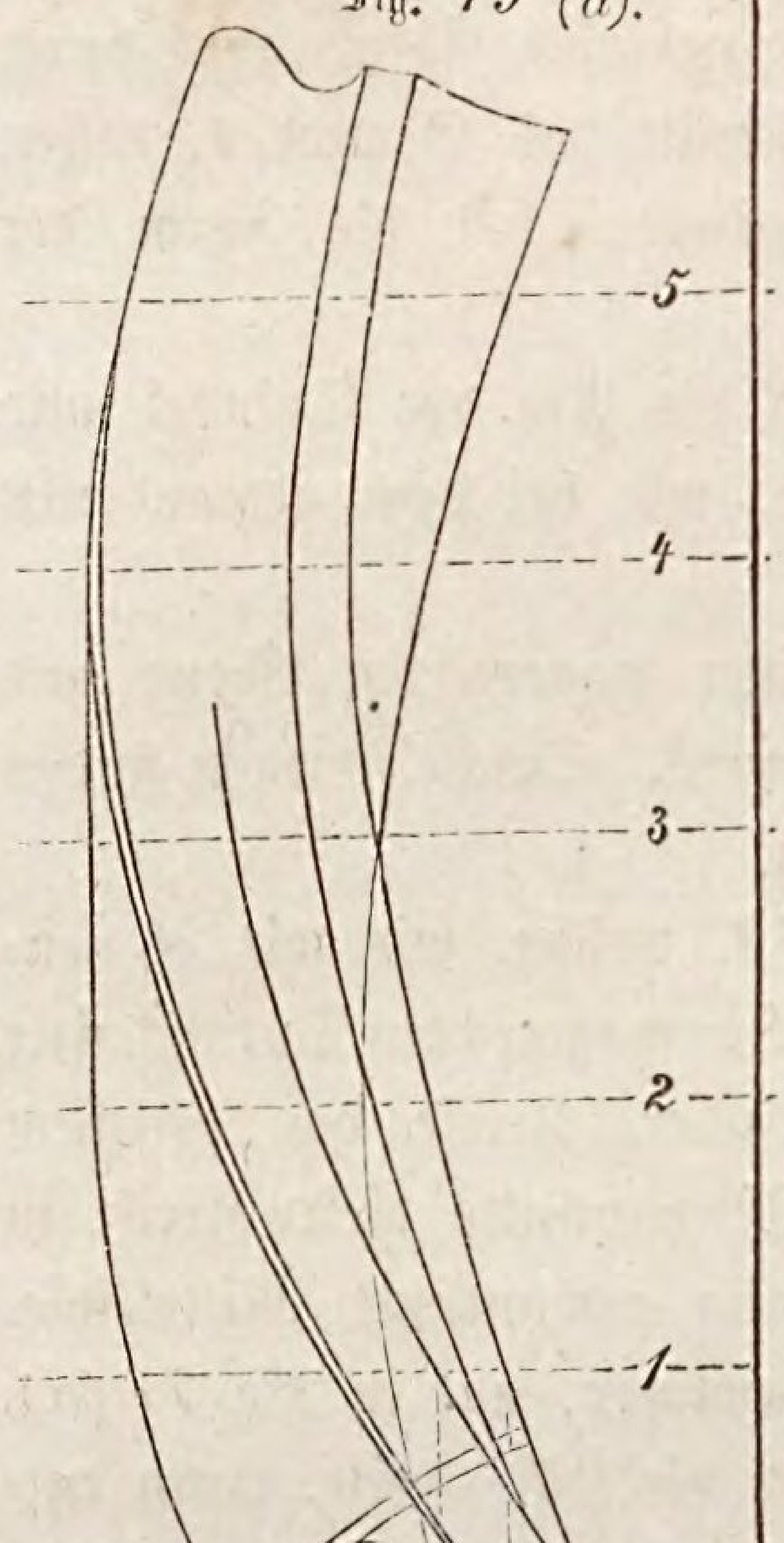
Die Staffeln einer Wendeltreppe bilden mit ihren inneren Enden entweder eine gerade Spindel oder eine gewundene, welche im einfachsten Falle die Form eines gewundenen Cylinders hat. Mitunter zeigt die Spindel auch eine zusammengesetztere Form theils zur Zier, theils um für den Hinaufsteigenden eine Art Handgriff zu bilden. Zu den letzteren zählt diejenige, wovon Fig. *79* ein Stück darstellt, wobei aber die Staffeln ganz außer Acht gelassen sind.

Der Grundriß wird auf der inneren und äußeren Seite durch zwei concentrische Kreise eingeschlossen.

Die Figur bei O und O′, deren Umfang schraffirt worden, stellt den Anfang der Spindel vor, welcher in der wagerechten Bildfläche liegt. Weil 20 Staffeln unserer Treppe einen Umgang bilden, hat man den äußern Umfang in 20 gleiche Theile zerlegt (wovon jedoch nur die fünf ersten angegeben

sind) und durch die Theilpunkte Radien gezogen. Der unterste Schnitt wurde bei dem Radius 1, dann bei 2, 3, im Ganzen fünfmal wiederholt und man erhielt so im Grundrisse die Durchschnitte der Spindel durch die oberen Flächen der fünf ersten Staffeln. Die oberste und allein sichtbare Schnittfläche ward schraffirt. Im Aufrisse hat man bei 1, 2, ... fünf wagerechte Linien gezogen, deren Abstände der Staffelhöhe gleich sind. Die Punkte des untersten Schnittes wurden aus dem Grundrisse auf die Grundlinie V W projicirt, die Punkte des ersten Schnittes wurden auf die Horizontale 1 projicirt; die des zweiten Schnittes auf die Horizontale 2 u. s. w. Indem die zusammengehörigen Punkte durch je einen Linienzug verbunden wurden, erhielt man die Vertikalprojektion der Treppenspindel. Es wird übrigens wohlgethan sein, entweder nicht alle Punkte eines jeden Schnittes gleichzeitig in den Aufriß zu projiciren, oder wenigstens die zusammengehörigen Punkte, d. h. diejenigen, welche einer und derselben Schraubenlinie angehören, durch besondere Zeichen kenntlich zu machen, um dadurch möglichen Irrungen vorzubeugen.

Fig. 79 (a).



Der vordere Theil unserer Spindel wird durch ein wellenförmiges Glied gebildet, dessen vortretender Theil als die Hälfte eines gewundenen Cylinders zu betrachten ist, und der zurücktretende Theil als die Hälfte eines eben solchen, jedoch hohlen Cylinders. Der erstere zeigt in dem unteren Theile des Aufrisses einen scheinbaren Kontur, dessen Punkte dadurch gefunden werden, daß man im Grundrisse senkrechte Linien tangirend an den Umfang der Schnitte zieht und, wie es bei den zwei untersten angegeben, die Berührungspunkte auf die Horizontalen V W, 1 ... ꝛc. projicirt. Zwischen den Schnitten 3 und 4 hört die Möglichkeit auf, solche Tangenten zu ziehen, und hier verschwindet denn auch der scheinbare Kontur, um etwas höher, auf der linken Seite, wieder zu beginnen.

Im Grundrisse haben wir die Spindel als durch die wagerechte Ebene 5 begränzt angenommen. Im Aufrisse dagegen ward die Figur noch ein weniges höher fortgeführt und dann durch einen schrägen Schnitt beendet, damit das Vor- und Zurücktreten des Einzelnen besser ins Auge falle.

113. Gothischer gewundener Säulenschaft, Fig. *80*.

Fig. *80 (a)*.

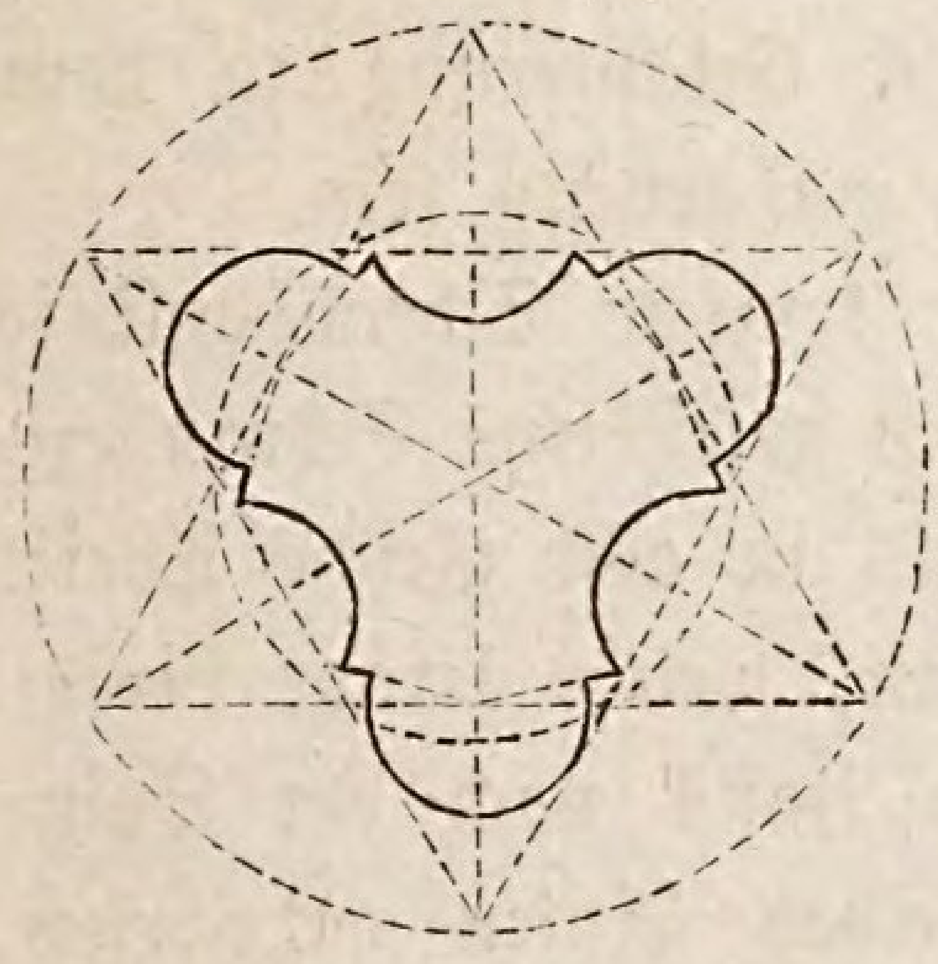
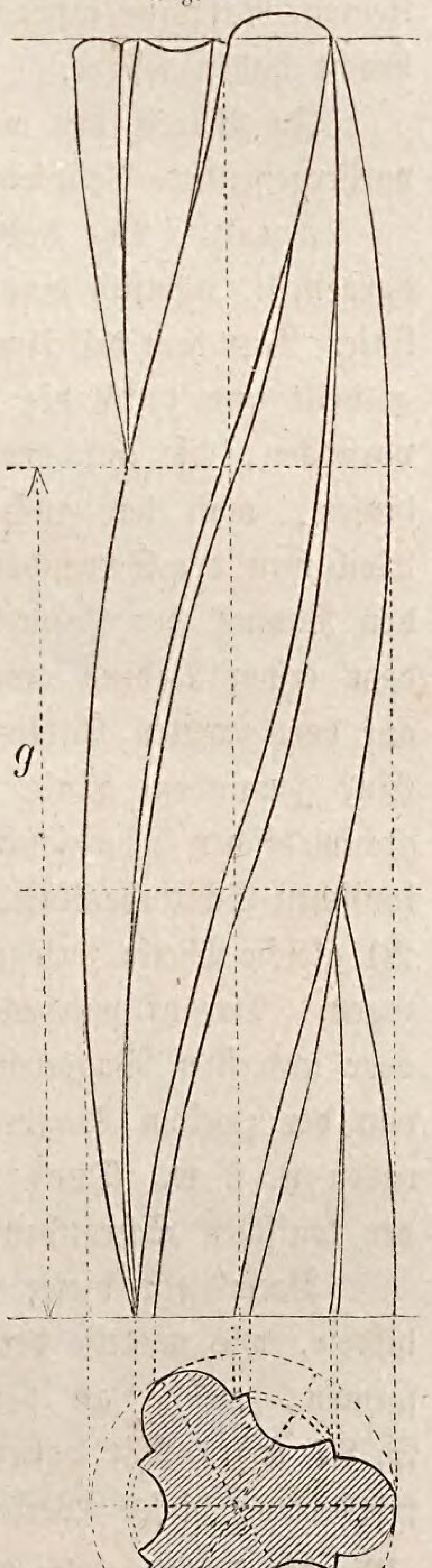


Fig. *80*.



Diese Form entsteht auf ganz ähnliche Weise wie vorhin die gothische Treppenspindel, nur liegt das Centrum der Drehung nicht mehr außerhalb der Grundfigur, sondern in ihrem eigenen Mittelpunkte. Diese Grundfigur aber bedarf hier einiger Erläuterung, weshalb sie in Fig. *80 (a)* wiederholt ward. Man wird darin wiederum die Anwendung der „Triangulatur" erkennen, wovon Bd. I, S. 158 die Rede gewesen ist. Durch die Theilung des äußeren Kreises in sechs gleiche Theile gelangt man zu dem sternförmigen Sechseck, welches aus zwei über Eck stehenden gleichseitigen Dreiecken besteht. Mitten auf den Seiten des einen Dreieckes liegen die Centren für die ausspringenden Kreisbogen, welche die Seiten des andern Dreieckes berühren. Durch die sechs Durchschnittspunkte der zwei Dreiecke läuft der Umfang eines zweiten, dem ersten concentrischen Kreises, und auf diesem Umfange liegen die Centren der drei nach einwärts gerichteten Kreisbogen. Das Weitere erklärt die Figur selbst.

Im Aufrisse sieht man durch die Linie g das Drittel der Umgangshöhe angegeben. Wenn man nun für die Zeichnung des Aufrisses auf die Höhe des ganzen Umganges sechs gleich entfernte horizontale Schnitte anwenden wollte, so wäre im Grundrisse der Umfang des einschließenden Kreises in sechs gleiche Theile zu zerlegen, die sechs Radien zu ziehen und für einen jeden die

Grundfigur zu wiederholen gewesen. Dies hätte aber in der That nur darin bestanden, die Grundfigur einmal so zu wiederholen, daß jeder Theil derselben die ihm jetzt gegenüberliegende Stelle eingenommen hätte, denn bei einer Drittelsdrehung projicirt sich die Grundfigur wiederum in ihrer jetzigen Lage. Wir haben übrigens auch diese Wiederholung unterdrückt, weil sie, bei dem kleinen Maßstabe unserer Darstellung, eine Ueberfüllung mit Linien hervorgebracht haben würde.

In Betreff der weiteren Ausführung wird unsere Erläuterung zu dem vorhergehenden Beispiele auch jetzt wieder hinlänglich maßgebend sein.

Zusatz. Wir haben in Fig. *79 (a)* auch eine konische Schraubenlinie dargestellt, nämlich eine auf der Oberfläche eines Kegels gezeichnete Schraubenlinie. Man hat den Umfang der Grundfläche des Kegels in acht gleiche Theile getheilt und durch die Theilungspunkte Radien gezogen, welche gerade Linien vorstellen, die auf der Kegelfläche vom Umfang der Basis nach der Spitze laufen; man hat auch die Vertikalprojektionen derselben Linien entworfen. Weil nun der Schraubenlinie $2\frac{1}{2}$ Umgänge gegeben werden sollten, hat man den Radius der Grundfläche in $2{,}5 \times 8 = 20$ gleiche Theile zerlegt, auf dem ersten Radius einen dieser Theile vom Umfange nach innen getragen, auf dem zweiten Radius zwei dergleichen Theile, auf dem dritten drei u. s. w. Eine gewundene Linie, durch alle diese Punkte gezogen, hatte die Form einer archimedischen Schneckenlinie (Bd. I, S. 180) und war die Horizontalprojektion der konischen Schraubenlinie. Man hat auch im Aufrisse die Höhe des Kegels in 20 gleiche Theile zerlegt und durch die Theilpunkte wagerechte Hülfslinien gezogen. Darauf wurden die Kreuzungspunkte markirt, nämlich von der ersten oder untersten Wagerechten mit der ersten nach der Spitze gehenden Geraden, von der zweiten Wagerechten mit der zweiten nach der Spitze gehenden Geraden u. s. w. Durch alle diese Kreuzungspunkte läuft die Vertikalprojektion der konischen Schraubenlinie.

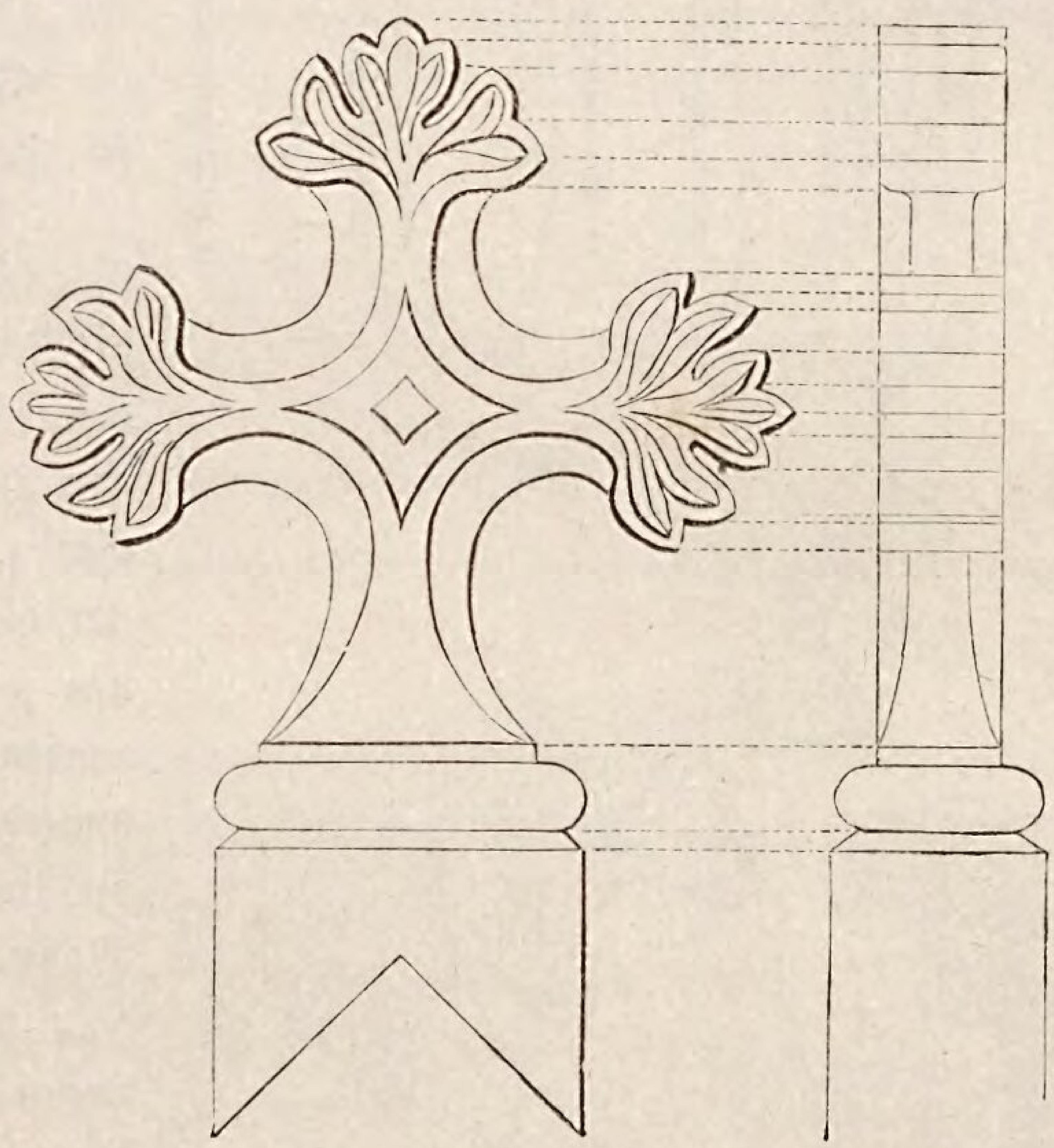
Vermittelst dieser Linie lassen sich wiederum gewundene Körperformen bilden, wie mittelst der cylindrischen Schraubenlinie, z. B. solche Schneckenformen, welche an den Ornamenten der Renaissance vorkommen (Bd. I, S. 87 ꝛc.). Wir haben jedoch die Behandlung dieser Formen der nächsten Abtheilung dieses Werkes aufgespart.

Wie der Zeichner beim Entwurf von Gegenständen mit ornamentalen Zuthaten sich zu benehmen habe.

114. Wir sprechen hier lediglich von dem Zeichner, welcher derartige Gegenstände bildlich wiederzugeben hat, keineswegs aber von dem bildenden

Künstler, welcher solche Dinge komponirt oder erfindet und welcher zu diesem Zwecke sich der Zeichnung als Hülfsmittel bedienen will. Der Zeichner aber muß den Gegenstand, welchen er also darstellen soll, körperlich vor Augen haben, weil hier Formen vorkommen, welche mit Worten sich nicht hinlänglich erklären lassen. Er wird dann von dem Gegenstande all die Maße und Verhältnisse vermittelst Zirkel und Zollstab entnehmen, welche dieser Behandlung zugängig sind, hiernach seinen Entwurf anlegen, im Uebrigen aber auf seine Fertigkeit im freien Handzeichnen sich angewiesen sehen.

Fig. 81.

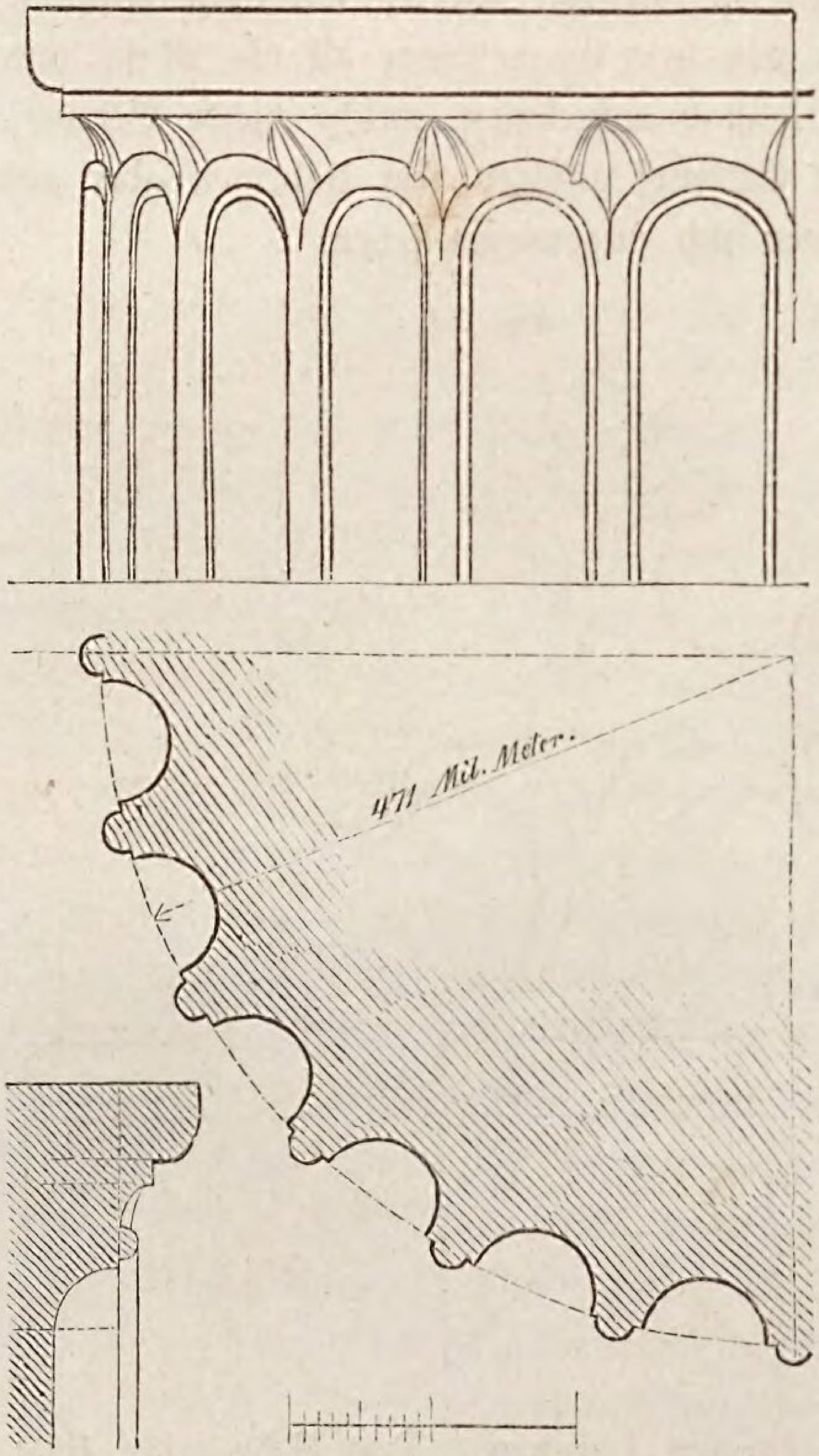


Das romanische Giebelkreuz, Fig. 81, mag uns als erstes Beispiel dienen. Wir sehen linker Hand eine Ansicht des Kreuzes von vorn, also eine Vertikalprojektion desselben; rechter Hand eine Seitenansicht, also eine zweite Vertikalprojektion. Was hieran meßbar ist, fällt in die Augen und ward zum Theil auch durch blinde Linien angedeutet. Allein bei dem Blattwerke an den Enden des Stammes und der Arme reicht die Anwendung des Zirkels nicht weit. Der Zeichner muß hier die Fertigkeit seiner Hand im Nachbilden solcher Formen benutzen. Das Schwierige liegt nun darin, daß beim Zeichnen nach der Natur immer ein perspektivisches Bild gewonnen wird und nie eine gerade Projektion des Gegenstandes. Perspektivische Wirkungen, wie Untersichten, Aufsichten, zunehmende Verjüngung, sind unverträglich mit dem geometrischen Aufrisse, und der Zeichner muß diese Dinge darum nicht nur kennen, sondern sie auch in seiner Darstellung zu vermeiden wissen.

Als zweites Beispiel folgt in Fig. 82 eine Darstellung vom obern Ende eines Säulenschaftes im Pantheon zu Rom. Der Durchmesser des Schaftes an seinem oberen Ende beträgt 0,942 Meter, dieser konnte vermittelst eines Bandmaßes

leicht gefunden werden. Die Säule hat 24 halbkreisförmige Kannelirungen, deren je zwei aufeinanderfolgende durch einen Steg von 37 Millimeter getrennt sind. Die Mitte dieses Steges ziert ein Rundstäbchen von 26 Millimeter Durchmesser. Nach diesen Aufnahmen kann der horizontale Durchschnitt, wovon unsere Figur ein Viertheil giebt, entworfen werden. Eben so wenig Schwierigkeiten oder doch nicht viel mehr, wird es haben, das Profil unten links zu erhalten.

Fig. 82.



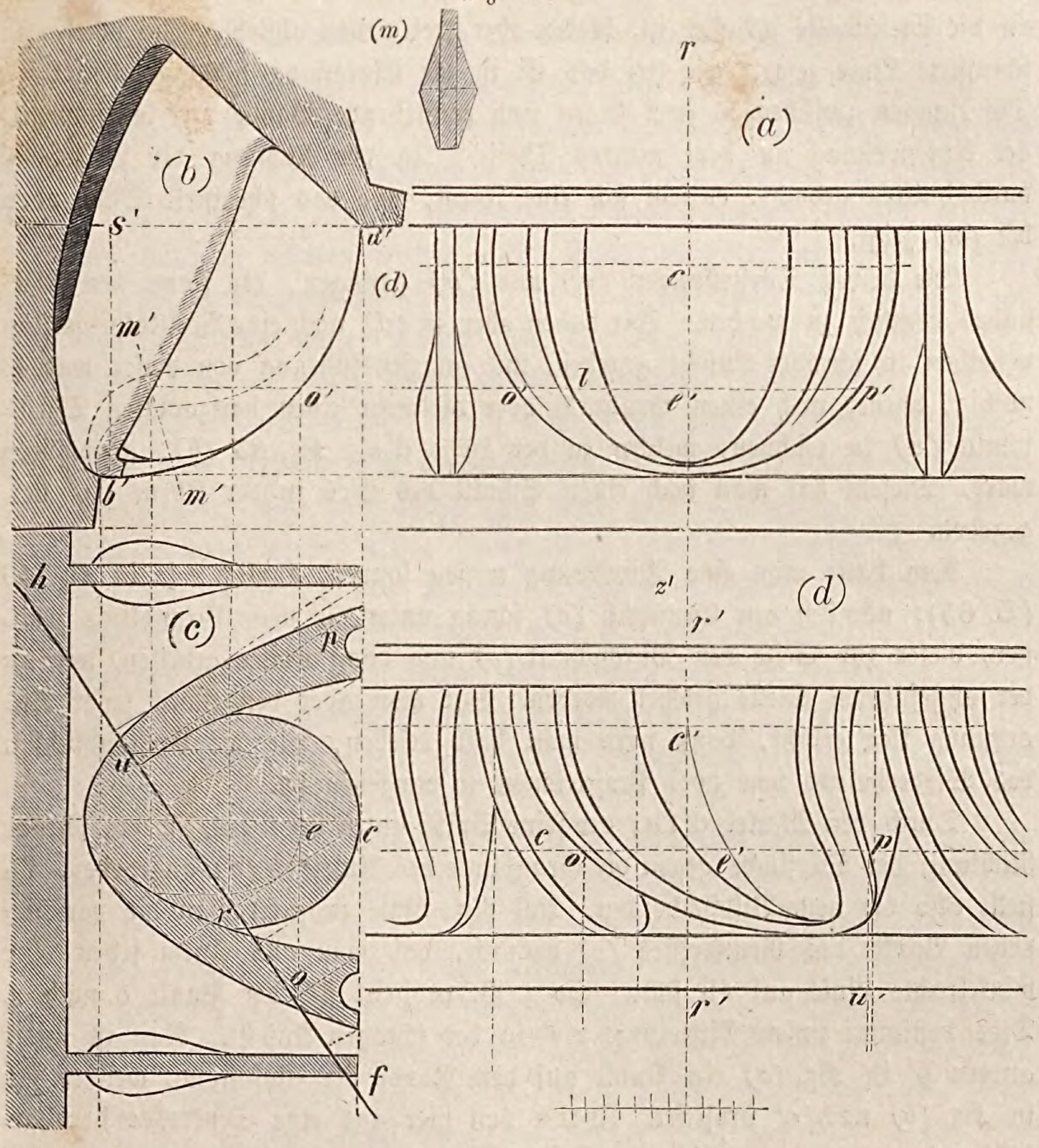
Vermittelst des horizontalen Durchschnittes und des Profiles kann die Vertikalprojektion gewonnen werden. Hier aber begegnet man einigen Häkeligkeiten. Die Rundstäbchen z. B., welche halbringförmig um die Kannelirungen laufen, können wol nach sicheren Regeln entworfen werden, allein dies würde unverhältnißmäßig zeitraubend und bei einem auch doppelt so großen Maßstabe wie der unserige, welcher $^1/_{10}$ der wahren Größe beträgt, wegen der Menge von Hülfslinien kaum ausführbar sein. Hier muß also wieder das „Gefühl des Zeichners" vermittelnd eingreifen. Eben so verhält es sich mit dem Blattschema, welches oben zwischen je zwei Kannelirungen aufsteigt.

115. Das dritte Beispiel liefert uns ein Bruchstück eines antiken Eierstabes, Fig. 83. Es ist dem Gebälke des Tempels entnommen, wovon man auf dem alten Forum zu Rom noch drei Säulen stehen sieht und welcher der Tempel des Jupiter tonans genannt zu werden pflegt.

Der Stab hat, mit Einschluß des oberen und unteren Plättchens, 175 Millimeter Höhe; die Weite von einer Zunge zur andern beträgt 300 Millimeter. Ein Ei hat 153 Millimeter Höhe und 123 Millimeter größte Dicke.

Diese Maße können begreiflich nur mittlere Maße sein, aus Messungen an verschiedenen Stellen abgeleitet, denn solche Trümmer sind in der Regel verwittert, und auf den Zollstab pflegten die alten Bauleute, namentlich bei Ornamenten, kein allzugroßes Gewicht zu legen, das Auge war ihr bester

Fig. 83.



Zirkel und der vorhandene Steinblock oft maßgebend für die Größe. Einige genommene Maße, so wie der Augenschein lehrten, daß die Einfassung des Eies in dem Aufrisse *(a)* durch einen Kreisbogen begränzt erscheine von 276 Millimeter Durchmesser, dessen Centrum in c′ liegt. Bei allem Uebrigen auf dieser Darstellung mußte das Auge so viel mitwirken als die Meßinstrumente.

Aus dem Durchschnitt *(c)* ersieht man, daß das Profil des Stabes nach einem Kreisbogen gebildet sei, dessen Centrum in s' liegt, der also um ein Geringes mehr beträgt als einen Viertelskreis. Das Ei und seine Einfassung sind nach oben schräg in die Masse des Werkstückes hineingearbeitet. Diese Einfassung umgiebt das Ei gleichsam wie ein Mantel, der unten und oben an die Steinmasse geheftet ist, hinten aber frei davon absteht. Die bandartig schraffirte Linie zeigt, wie tief das Ei in die Einfassung hineingearbeitet ist. Die Zungen zwischen je zwei Eiern sind freistehende Wände mit kolbenförmiger Anschwellung an dem unteren Theile. In der Richtung der Linie *(m)* durchschnitten gedacht, ergiebt sich eine Form, wie das schraffirte Stück oben bei *(m)* zeigt.

Die beiden Darstellungen *(a)* und *(b)* genügen, die Form des Eierstabes deutlich zu machen. Wir haben aber in *(d)* noch eine Vertikalprojektion desselben in schräger Ansicht gegeben, und zur Ausführung von dieser war es nöthig, vorher noch einen Grundriß oder vielmehr einen horizontalen Durchschnitt *(c)* zu zeichnen, welcher in der Höhe $d's'$, Fig. *83 (b)*, genommen ward. Diesem hat man noch einen Schnitt des Eies in der Ebene oo' beigegeben.

Nun hätte man eine Anordnung treffen können, ähnlich wie in Fig. *49* (S. 65); nämlich den Grundriß *(c)* schräg unter die neue Grundlinie zeichnen, dieser zur Seite den Durchschnitt *(c)* und dann weiter arbeiten, wie an der angeführten Stelle gelehrt worden. Hat man aber den Zweck jener Anordnung klar erfaßt, dann wird man bald ersehen, wie die Umständlichkeit des Wiederholens von zwei Projektionen zu umgehen sei.

Durch den Winkel $d'fh$, der seine Spitze unten bei f hat, ist die schräge Richtung der Bildfläche gegen die Grundlinie des Aufrisses *(a)* angegeben. fh stellt also die neue Bildfläche dar. Auf diese Linie projicirt man die verschiedenen Punkte des Grundrisses *(c)* dadurch, daß man aus einem jeden eine winkelrechte Linie auf fh fällt. So z. B. projicirt sich der Punkt c nach r. Dies bestimmt unsere Mittellinie $r'r'$ in der schrägen Ansicht. Nun ist unter andern p' in Fig. *(a)* ein Punkt auf dem Rande der Einfassung, welcher sich in Fig. *(b)* nach o' projicirt. Indem von hier aus eine Senkrechte herabgefällt und aus *(a)* der Abstand $e'p'$ im Grundrisse *(c)* von e nach p getragen wird, hat man den fraglichen Punkt p auch im Grundrisse *(c)*. Von hier projicirt sich derselbe auf die Linie fh nach u. Den Abstand ru trage man in der schrägen Ansicht *(d)* von r' nach u', errichte hier eine Senkrechte und steche auf derselben die Höhe $e'z'$ aus *(a)* nun auch in *(d)* von u' nach p'

und man hat somit dies p′ in der neuen Projektion. Auf diese Weise ist bei jedem andern Punkt o′ 2c. zu verfahren. Einige Punkte für den Kontur des Eies ergeben sich, indem an die horizontalen Schnitte des Eies im Grundrisse *(c)* tangirende Linien gezogen werden, welche auf fh winkelrecht stehen und bei diesen wieder wie bei p′ gearbeitet wird.

Was bei den Projektionen von Werken der Sculptur zu beachten sei.

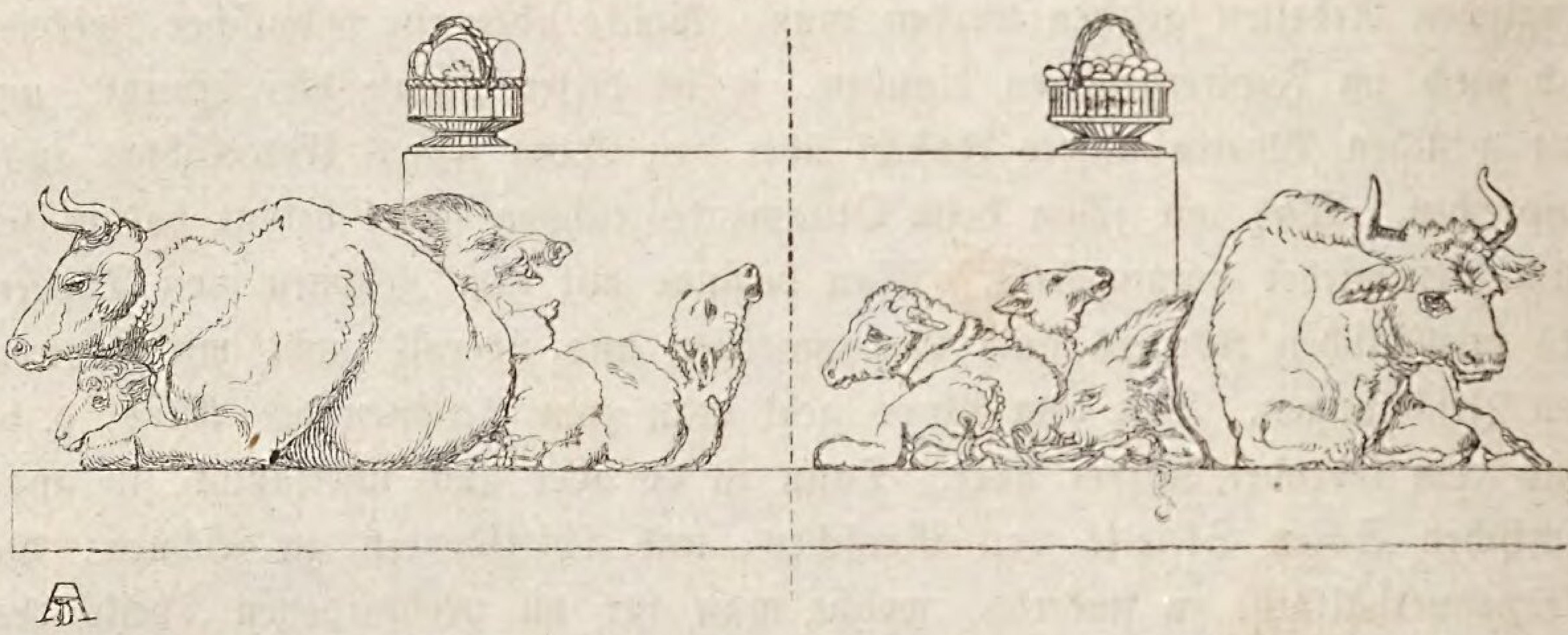
116. Auf architektonischen Zeichnungen sind nicht selten Bildsäulen und ähnliche Werke der Sculptur oder Bildhauerei darzustellen. Obgleich nun das Figurenzeichnen entschieden nicht mehr dem technischen Zeichnen beizuzählen ist, so soll hier doch auf Einiges aufmerksam gemacht werden, worauf bei den fraglichen Arbeiten gesehen werden muß. Wollte aber ein technischer Zeichner sich auch im Figurenzeichnen einüben, so sei dieser Anlaß hier benutzt, um mit wenigen Worten unsere Ansicht über den Gang seines Unterrichtes auszusprechen. Was wir schon beim Ornamentenzeichnen scharf betont haben, sei auch hier wieder vorangestellt. Man beginne mit dem Zeichnen von Theilen des menschlichen Körpers nach Gypsmodellen und überall nicht mit Kopiren von Zeichnungen. Von dem Gyps geht man zum Zeichnen des Aktes, d. h. nach dem lebenden Körper über. Dann ist es aber auch unerläßlich, in anatomischen Sälen Skelette von Menschen- und Thierkörpern zu zeichnen, die Größenverhältnisse zu studiren, welche man für die verschiedenen Theile des Knochenbaues dort angegeben findet; endlich muß auch der Muskelbau wenigstens der äußerlich bemerkbaren Theile Gegenstand des Studiums werden.

Nach geltenden Begriffen gehört das Figurenzeichnen keineswegs mehr in den Bereich des technischen Zeichnens, und in der That muß der bedeutende Unterschied zwischen beiden Aufgaben in die Augen fallen. Der technische Zeichner hat es in der Regel mit ganz bestimmten, meist geometrischen Formen zu thun und selbst Bewegungen, welche er auszudrücken hat, lassen sich, weil mechanischer Natur, nach bestimmten graphischen Gesetzen wiedergeben. Sogar das Regellose der Formen macht sie dem Techniker mit nichten unzugängig. Denn der topographische Zeichner z. B. giebt die so zufälligen Formen der Erdoberfläche, der Gebirge, ihrer Thäler, Schluchten und Rinnsale u. s. w., je nach seinem besonderen Zwecke selbst bis in die letzten Einzelheiten. Aber der lebende Körper des Menschen mit der leichten Beweglichkeit seiner Glieder, und namentlich der Kopf, wo der Zusammenhang der Theile so fein, die Fiebern so reizbar sind, daß schon die Gemüthsstimmung Einfluß übt auf den Ausdruck des Antlitzes; all das entzieht sich der Anwen-

dung von Meßinstrumenten, und der Figurenzeichner erlernt seine schwierige Kunst auf dem langen Wege der Uebung, wie des steten Beobachtens, auf welchem er nur stellenweise mit dem technischen Zeichner zusammentrifft.

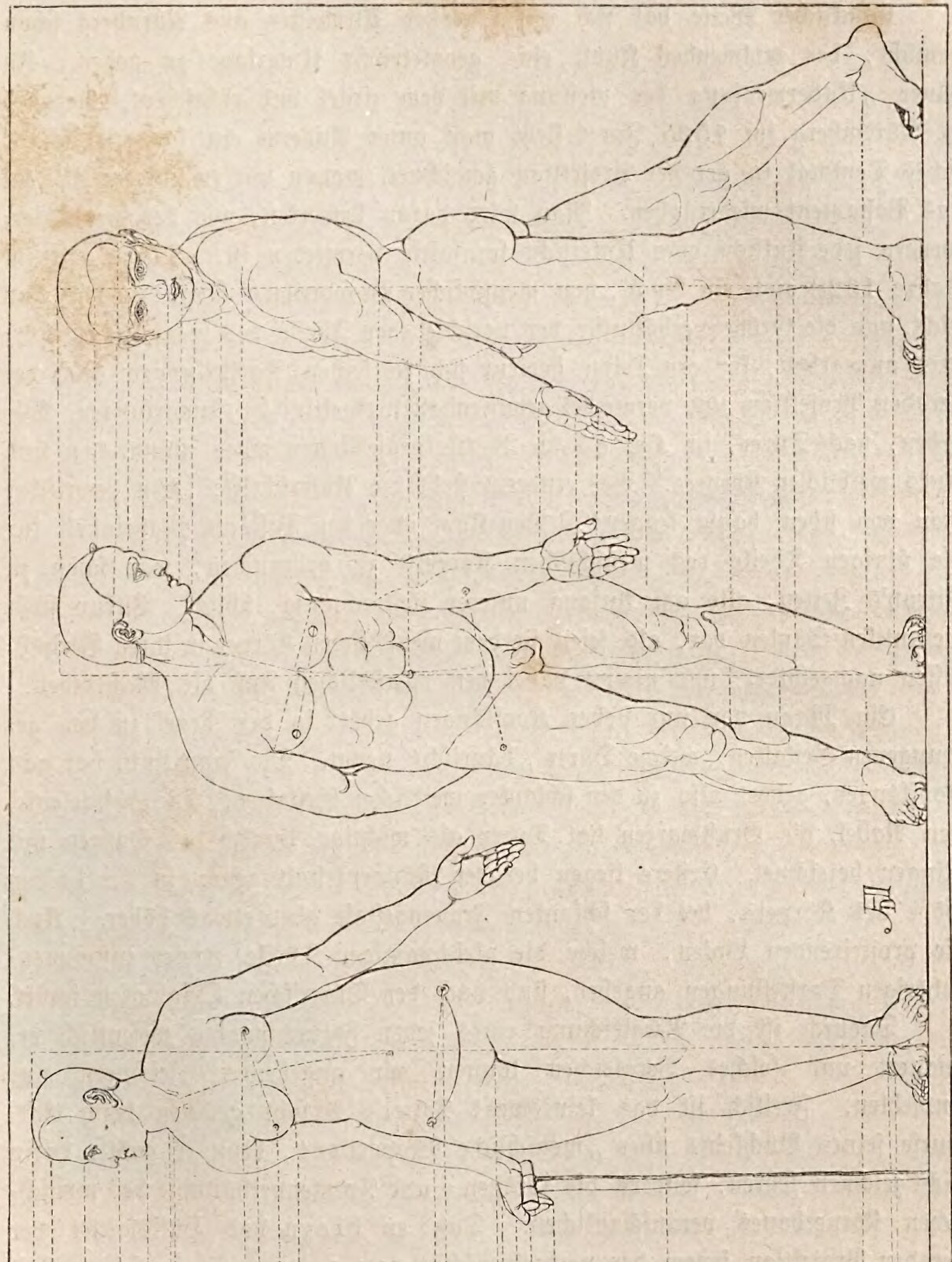
Wie tiefgreifend jedoch die innere Verschiedenheit mancher Aufgaben sein mag: das praktische Leben in seiner Rücksichtslosigkeit erfordert oft deren gleichzeitige Lösung von einem und demselben Arbeiter, und so mag an den technischen Zeichner, namentlich an den Architekturzeichner, die Forderung nicht selten herantreten, menschliche Figuren, Pferde und andere Thiere in Form von Statuen oder Basreliefs zu entwerfen, und er wird solche Anmuthung nicht abweisen dürfen, will er als vollendeter Mann seines Faches gelten.

Fig. 84.



Ist der Zeichner aber auch im Figurenzeichnen geübt in dem Sinne, wie die Maler es zu nehmen pflegen, dann hat die Darstellung von Menschen- und Thierkörpern in geometrischer Projektion doch wieder jene eigenen Schwierigkeiten, deren bereits in den vorhergehenden §§. Erwähnung geschehen ist. Alles Zeichnen nach der Natur führt stets zu einer perspektivischen Darstellung, und diese bleibt noch in die gerade Projektion gleichsam zu übersetzen, wie man einen Gedanken aus einer Sprache in die andere übersetzt. Der Zeichner muß dabei durch lange Uebung gelernt haben, wie eine und die andere Form in dieser oder jener Ansicht sich darstellt; er muß es „fühlen" gelernt haben, wie sie sich darzustellen habe. Wir sind z. B. so gewöhnt, die Füße von oben zu sehen, daß kein Maler sie anders zeichnen wird als in der perspektivischen Verkürzung, welche diese Ansicht herbeiführt; er müßte denn in ganz entschiedener Absicht die Figur von unten gesehen darstellen wollen. Allein wir haben schon persönlich die Erfahrung gemacht, daß Füße, welche mit aller Sorgfalt und Rücksicht in gerader Projektion gezeichnet waren, von Malern als „verzeichnet" erklärt wurden.

Fig. 85.



Glücklicher Weise hat sich unser großer Altmeister aus Nürnberg schon bemüht, der zeichnenden Kunst eine geometrische Unterlage zu geben. In seiner „Underweysung der messung mit dem zirckel vnd richtscheyt; Gedruckt zu Nüremberg im 1525 Jar" sieht man unter Anderm ein landwirthschaftliches Denkmal in gerader Projektion gezeichnet, wovon wir in unserer Fig. *84* das Postament wiedergaben. Man wird daran bemerken, wie bei den Thierkörpern jede Aufsicht oder Untersicht sorgfältig vermieden ist. Dürer gab im Jahre 1528 auch ein Buch „von menschlicher Proportion" heraus; darin sind nicht nur die Größenverhältnisse der verschiedenen Theile des menschlichen Körpers angegeben, sondern Dürer bedient sich zu seinen Darstellungen auch der geraden Projektion und vermeidet gewissenhaft perspektivische Einwirkungen. Wir geben, nach Dürer, in Fig. *85* die Vertikalprojektionen eines männlichen und eines weiblichen Körpers. Bei ersterem steht die Unterschrift: „Ein bewrischer man von siben haubt lengen". Den Kopf oder den Fuß als Maßeinheit für die übrigen Theile des menschlichen Körpers zu gebrauchen, war schon zu Vitruv's Zeiten, also am Anfang unserer Zeitrechnung, üblich. Vitruv stellt die antiken Säulen dar, als seien sie dem menschlichen Körper in ihren Verhältnissen nachgebildet, und nimmt dabei den menschlichen Fuß als Maßeinheit.

Ein Mann von nur sieben Kopflängen gehört in der Regel zu den gedrungenen Gestalten, welche Dürer „bäurisch" nennt. Die Frau links hat acht Kopflängen, gehört also zu den schlanken weiblichen Gestalten. Die Hüftgelenke, den Nabel, die Brustwarzen hat Dürer als wichtige Punkte des Ganzen mit Ringen bezeichnet. Erstere liegen bei der Männergestalt genau in der halben Höhe des Körpers, bei der schlanken Frauengestalt aber etwas höher. Auch die projicirenden Linien, welche die gleichnamigen Theile zweier zusammengehörigen Darstellungen angeben, sind nach den Dürer'schen Originalen kopirt.

Dadurch ist die Vergleichung eines jeden Figurenpaares wesentlich erleichtert und solches Vergleichen können wir angehenden Zeichnern nur empfehlen. Freilich ist das keineswegs Dürer's Absicht gewesen beim Entwurfe seines Büchleins über „menschliche Proportion", denn er wollte darin nicht zeichnen lehren, sondern die Größen- und Formenverhältnisse des menschlichen Körperbaues veranschaulichen. Daß er hiezu das Hülfsmittel der geraden Projektion jenem der perspektivischen vorzog, war ein in seiner Zeit leicht zu begehender Mißgriff, denn die Erkenntniß vom eigentlichen Wesen aller zeichnerischen Darstellung besitzen wir nicht von lange her, sondern erst als Erbschaft der jüngst vergangenen Zeit, und diese Erkenntniß ist noch nicht einmal weit verbreitet.

Schreiber, Guido,

Das technische Zeichnen für Architekten, Techniker, Mechaniker und Bauhandwerker, insbesondere für Bau- und Gewerbschulen

Bd.: 2,1

Leipzig 1862 [erschienen] 1865